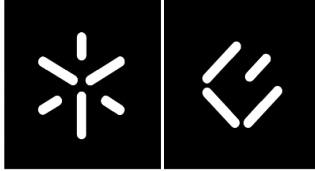




**Universidade do Minho**  
Escola de Economia e Gestão

Evandra Estefânia Landim Martins

**Avaliação dinâmica do projecto de  
expansão do Aeroporto Internacional da  
Praia**



**Universidade do Minho**  
Escola de Economia e Gestão

Evandra Estefânia Landim Martins

**Avaliação dinâmica do projecto de  
expansão do Aeroporto Internacional da  
Praia**

Tese de Mestrado  
Mestrado em Finanças

Trabalho efectuado sob a orientação do  
**Professor Doutor Artur Jorge Pereira Rodrigues**

Dezembro de 2009

# Declaração

**Nome:** EVANDRA ESTEFÂNIA LANDIM MARTINS

**Endereço electrónico:** evadei6@hotmail.com

**Número do Bilhete de Identidade:** 165820

**Título da dissertação:** Avaliação dinâmica do projecto de expansão do Aeroporto Internacional da Praia

**Orientador:** Professor Doutor Artur Jorge Pereira Rodrigues

**Ano de conclusão:** 2009

**Designação do Mestrado:** Mestrado em Finanças

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE/TRABALHO, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ----- de -----de -----

Assinatura: -----

## Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer o meu orientador, Professor Doutor Artur Jorge Pereira Rodrigues, por ter aceite orientar este projecto de investigação e pela brilhante orientação sempre sugerindo novas abordagens para a resolução do problema. Agradeço-lhe ainda, por me ter feito descobrir novos horizontes numa altura em que a tendência é querer fazer tudo e sonhar alto até nos perdemos no caminho.

Gostaria também de agradecer às pessoas que trabalham na empresa gestora dos aeroportos de Cabo Verde, Aeroportos e Segurança Aérea, S.A. (ASA), pela disponibilidade que mostraram em me auxiliar em tudo que fosse necessário. Apoio sem o qual não seria possível avançar e terminar esta dissertação.

Um muito obrigado a todos os professores da primeira edição do Mestrado em Finanças, pelo conhecimento transmitido e aos colegas do curso pelas horas passadas a fazer trabalhos, pela discussão dos argumentos de modo a torná-los mais consistentes e principalmente pela amizade.

Não poderia deixar de agradecer os meus familiares e amigos, principalmente meu primo José e sua esposa Alexandra, que souberam me compreender mesmo quando não tiveram a devida atenção e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para uma melhor qualidade deste trabalho.

Finalmente, um agradecimento muito especial aos meus pais por tudo que tiveram de suportar ao longo de todo o meu percurso académico, desde a minha vinda para Portugal até aos dias de hoje.

*Em memória à minha Avó Domingas Pereira Vaz.*

*Aos meus pais e aos meus irmãos*

# **Avaliação dinâmica do projecto de expansão do Aeroporto Internacional da Praia**

## **Resumo**

Nos últimos anos, os benefícios das opções reais têm sido bastante estudados. Diversos autores debruçaram-se sobre o desenvolvimento de modelos adequados à sua avaliação, outros visaram, apenas, encontrar evidências empíricas que reforçam a concepção de que a inclusão de tais opções na avaliação de projectos cria valor para a empresa. Assim, considerando que as opções reais criam valor para as empresas, implicando que as decisões não só quanto ao montante do investimento mas também quanto ao momento óptimo para realizá-lo sejam repensadas, este estudo tem por objectivo avaliar o projecto de expansão do Aeroporto Internacional da Praia, em Cabo Verde, considerando as incertezas e as flexibilidades que lhes estão inerentes. Para o efeito, foi utilizada uma extensão do modelo de Armada, Pereira e Rodrigues (2008) e Rodrigues (2009).

Nesta dissertação, admitimos que a opção de investimento em causa é, em todo, semelhante a uma opção de compra perpétua sob um activo que paga dividendos. Assumimos, ainda, que, o número de passageiros segue um movimento geométrico Browniano.

Os resultados obtidos evidenciam que a opção de expansão acrescenta valor para a entidade responsável por este projecto. O número de passageiros para o qual é óptimo expandir revelou estar compreendido entre a capacidade actual instalada e a capacidade prevista com a expansão, o que significa que o investimento deve ser adiado. No entanto, uma análise de sensibilidade mostra, o quão sensível são o valor do projecto, a procura crítica para o investimento e o valor da opção às variações na taxa de crescimento do número de passageiros, na volatilidade, na taxa de juro isenta de risco, no risco do mercado, na taxa de retorno do mercado, na receita líquida actual e esperada por passageiro e no valor do investimento.

**Palavras-chave:** Opções reais, expansão de capacidade, aeroportos, Cabo Verde.

# **Dynamic valuation of the expansion project of the Aeroporto Internacional da Praia**

## **Abstract**

In recent years, the benefits of real options have been extensively studied. Several authors have tackled the development of appropriate models to assess them; others were intended, only to find empirical evidence that reinforces the view that the inclusion of such options in the evaluation of projects creates value for the company. Thus, considering that real options create value to the companies, implying that decisions not only about the amount of investment but also on the optimal time to realize it are reviewed, this study aims to assess the proposed expansion of Aeroporto Internacional da Praia, in Cape Verde, considering the uncertainties and flexibilities involved. To do this, we used an extension of the model developed by Armada, Pereira and Rodrigues (2008) and Rodrigues (2009).

In this dissertation, we assume that the investment option in question is like a perpetual option on an asset that pays dividends. We assume also that the number of passengers follows a geometric Brownian motion.

The results show that the expansion option increases value for the responsible entity for this project. The number of passengers for which it is optimal to expand, was show to be between the installed capacity and the planned capacity with the expansion; this means that the investment should be delayed. However, a sensitivity analysis shows how sensitive is the project value, the critical demand and the option value to variations in the growth rate of passengers, the volatility, the risk-free rate, the market risk, the market rate of return, the actual and expected income per passenger and the cost of the investment.

**Key words:** Real options, capacity expansion, airports, Cape Verde.

# Índice

<b>Declaração</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimentos</b>	<b>iii</b>
<b>Resumo</b>	<b>v</b>
<b>Abstract</b>	<b>vi</b>
<b>Índice</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de siglas</b>	<b>x</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de tabelas</b>	<b>xii</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>1</b>
<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Justificação do tema	1
1.2 Objectivos e metodologia	1
1.3 Limitações	2
1.4 Plano de apresentação	2
<b>Capítulo 2</b>	<b>4</b>
<b>O Caso do Aeroporto Internacional da Praia</b>	<b>4</b>
2.1 Introdução	4
2.2 Apresentação do problema	4
2.3 Opções reais associadas ao projecto em causa	7
2.4 Considerações finais	8
<b>Capítulo 3</b>	<b>9</b>
<b>Revisão bibliográfica</b>	<b>9</b>
3.1 Introdução	9
3.2 Contexto de surgimento das opções reais	9
3.3 Tipos de opções reais	11
3.4 Duas abordagens de avaliação das opções reais	12
3.4.1 Abordagem da Programação dinâmica	12
3.4.2 Abordagem dos activos contingentes	12
3.5 Opções reais em aeroportos	13
3.6 Considerações finais	16
<b>Capítulo 4</b>	<b>17</b>



<b>Modelo</b>	<b>17</b>
4.1 Introdução	17
4.2 O valor do projecto	17
4.3 O valor da opção de investimento	19
4.4 Considerações finais	22
<b>Apêndices do capítulo 4</b>	<b>23</b>
Apêndice 4.1 – Equação ordinária diferencial seguido pelo valor do projecto $V_i(P)$	23
Apêndice 4.2 – Valor do projecto $V_i(P)$	23
Apêndice 4.3 – Determinação das constantes $A_i$ e $E_i$	24
Apêndice 4.4 – Determinação dos coeficientes $\beta_1$ e $\beta_2$	25
Apêndice 4.5 – Determinação do valor da opção de investimento $F(P)$	26
<b>Capítulo 5</b>	<b>27</b>
<b>Dados</b>	<b>27</b>
5.1 Introdução	27
5.2 Técnica de recolha e tratamento dos dados	27
5.3 Número de passageiros	28
5.4 Custo do investimento	28
5.5 Capacidade instalada actual e prevista	28
5.6 Receita líquida actual e esperada por passageiro	29
5.7 Taxa de crescimento do número de passageiros	29
5.8 Desvio padrão	31
5.9 Taxa de juro isenta de risco	31
5.10 Rendibilidade do mercado	31
5.11 Taxa de retorno em equilíbrio	32
5.12 Considerações finais	34
<b>Apêndices do capítulo 5</b>	<b>35</b>
Apêndice 5.1 – Determinação da receita líquida actual por passageiro	35
Apêndice 5.2 – Retirada da componente sazonal da série histórica: Aeroporto Internacional da Praia	36
Apêndice 5.3 – Estatísticas relativas à variação do número de passageiros: Aeroporto Internacional da Praia	38
Apêndice 5.4 – Estatísticas relativas à variação do mercado: <i>MSCI WORD EURO</i>	39
Apêndice 5.5 – Retirada da componente sazonal da série histórica: ANA	39

<b>Capítulo 6-----</b>	<b>42</b>
<b>Apresentação e discussão dos resultados -----</b>	<b>42</b>
6.1 Introdução-----	42
6.2 Avaliação do projecto -----	42
6.2.1 O valor do projecto -----	42
6.2.2 O valor da opção de investimento-----	44
6.3 Análise de sensibilidade-----	46
6.3.1 Impacto da taxa de crescimento do número de passageiros-----	46
6.3.2 Impacto da volatilidade -----	48
6.3.3 Impacto da taxa de juro isenta de risco -----	50
6.3.4 Impacto do risco do mercado -----	51
6.3.5 Impacto da taxa de retorno do mercado -----	53
6.3.6 Impacto da receita líquida actual por passageiro -----	54
6.3.7 Impacto da receita líquida esperada por passageiro-----	56
6.3.8 Impacto do custo do investimento -----	58
6.3.9 Resumo dos resultados da análise de sensibilidade -----	59
6.4 Considerações finais -----	60
<b>Apêndices do capítulo 6-----</b>	<b>62</b>
Apêndice 6.1 – Impacto da taxa de crescimento do número de passageiros-----	62
Apêndice 6.2 – Impacto da volatilidade -----	62
Apêndice 6.3 – Impacto da taxa de juro isenta de risco-----	63
Apêndice 6.4 – Impacto do risco do mercado-----	63
Apêndice 6.5 – Impacto da taxa de retorno do mercado -----	63
Apêndice 6.6 – Impacto da receita líquida actual por passageiro -----	64
Apêndice 6.7 – Impacto da receita líquida esperada por passageiro-----	64
Apêndice 6.8 – Impacto do custo do investimento -----	65
<b>Capítulo 7-----</b>	<b>66</b>
<b>Conclusões e sugestões para trabalhos futuros -----</b>	<b>66</b>
7.1 Conclusões-----	66
7.2 Sugestões para trabalhos futuros -----	67

## Lista de siglas

ANA – Aeroportos de Portugal, S.A.

ASA – Aeroportos e Segurança Aérea, S.A.

BCA – Banco Comercial do Atlântico

BCV – Banco de Cabo Verde

CAPM – *Capital Asset Pricing Model*

IATA – *International Air Transport Association*

INE – Instituto Nacional de Estatística

MSCI – *Morgan Stanley Capital International*

VAL – Valor Actual Líquido

## Lista de figuras

Figura 2.1 – Mapa de Cabo Verde-----	5
Figura 2.2 – Terminal actual do Aeroporto Internacional da Praia -----	6
Figura 2.3 – Novo balcão de <i>check-in</i> proposto para o Aeroporto Internacional da Praia6	
Figura 2.4 – Novo terminal de passageiros sugerido para o Aeroporto Internacional da Praia-----	7
Figura 3.1 – Limites da aplicabilidade do VAL e das opções reais-----	10
Figura 5.1 – Evolução do número de passageiros: Aeroporto Internacional da Praia ---	30
Figura 5.2 – Evolução do número de passageiros: ANA -----	33
Figura 6.1 – O valor do projecto-----	44
Figura 6.2 – Relação entre o valor do projecto e o valor da opção -----	46
Figura 6.3 – Impacto da taxa de crescimento do número de passageiros no $F(P)$ e $V_2(P) - V_1(P) - K$ -----	47
Figura 6.4 – Impacto da taxa de crescimento do número de passageiros no $P^*$ -----	48
Figura 6.5 – Impacto da volatilidade no $F(P)$ e $V_2(P) - V_1(P) - K$ -----	49
Figura 6.6 – Impacto da volatilidade no $P^*$ -----	49
Figura 6.7 – Impacto da taxa de juro isenta de risco no $F(P)$ e $V_2(P) - V_1(P) - K$ ----	50
Figura 6.8 – Impacto da taxa de juro isenta de risco no $P^*$ -----	51
Figura 6.9 – Impacto do risco do mercado no $F(P)$ e $V_2(P) - V_1(P) - K$ -----	52
Figura 6.10 – Impacto do risco do mercado no $P^*$ -----	52
Figura 6.11 – Impacto da taxa de retorno do mercado no $F(P)$ e $V_2(P) - V_1(P) - K$ --	53
Figura 6.12 – Impacto da taxa de retorno do mercado no $P^*$ -----	54
Figura 6.13 – Impacto da receita líquida actual por passageiro no $F(P)$ e $V_2(P) - V_1(P) - K$ -----	55
Figura 6.14 – Impacto da receita líquida actual por passageiro no $P^*$ -----	56
Figura 6.15 – Impacto da receita líquida esperada por passageiro no $F(P)$ e $V_2(P) - V_1(P) - K$ -----	57
Figura 6.16 – Impacto da receita líquida esperada por passageiro no $P^*$ -----	58
Figura 6.17 – Impacto do custo do investimento no $F(P)$ e $V_2(P) - V_1(P) - K$ -----	59
Figura 6.18 – Impacto do custo do investimento no $P^*$ -----	59

## Lista de tabelas

Tabela 6.1 – <i>Inputs</i> para a aplicação do modelo -----	43
Tabela 6.2 – Os coeficientes e as constantes -----	43
Tabela 6.3 – O valor do projecto -----	44
Tabela 6.4 – A procura crítica -----	45
Tabela 6.5 – O valor da opção -----	45
Tabela 6.6 – Resumo dos resultados da análise de sensibilidade -----	60

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Justificação do tema

Muito se tem falado sobre as limitações dos modelos tradicionais de avaliação de projectos de investimento e muitos defeitos lhes são apontados, quer relativamente aos pressupostos assumidos, quer às soluções que por vezes levam à tomada de decisões incorrectas. De forma a colmatar tais falhas, a metodologia de opções reais tem sido muito utilizada na avaliação de projectos de investimento, nomeadamente expansão de capacidade de aeroportos objecto deste estudo.

Estudos sobre expansão de capacidade de aeroportos foram desenvolvidos por: Smit (2003); Gil (2007); Pereira, Rodrigues e Amada (2007); Armada, Pereira e Rodrigues (2008); De Neufville (2008); Marathe e Ryan (2009) e Rodrigues (2009). Mas, até agora não foi feito nenhum estudo sobre a avaliação de projectos de investimento em aeroportos de Cabo Verde com recurso à metodologia de opções reais. Tudo isso contribuiu para a escolha desta temática.

### 1.2 Objectivos e metodologia

O principal objectivo deste trabalho é avaliar o projecto de expansão do Aeroporto Internacional da Praia, considerando as incertezas e as flexibilidades que lhes estão inerentes.

Com o propósito de alcançar o objectivo proposto, optou-se por utilizar uma metodologia que consiste na adaptação e aplicação dos modelos propostos por Armada, Pereira e Rodrigues (2008) e Rodrigues (2009). Não obstante, algumas variáveis serão adaptadas para uma melhor análise dos resultados. Para tal recorre-se à informação disponibilizada pela empresa gestora dos aeroportos de Cabo Verde, Aeroportos e Segurança Aérea, S.A. (ASA), e à análise dos Relatórios e Contas da mesma.

### 1.3 Limitações

Como principal limitação, identifica-se a base de dados que continha apenas registos mensais de passageiros para o período compreendido entre Janeiro de 2006 e Dezembro de 2007 inclusive. Este factor revelou ser uma importante limitação na análise da evolução da série histórica.

Outra limitação prende-se com a disponibilidade dos Relatórios e Contas (tivemos acesso apenas ao Relatório e Contas de 2006) impossibilitando assim a determinação correcta da receita por passageiro. A principal adversidade encontrada tem que ver com a escolha do *benchmark* e com a determinação do risco e retorno do mercado cabo-verdiano, pelo que foi necessário assumir pressupostos quanto à natureza destas variáveis.

### 1.4 Plano de apresentação

A dissertação foi desenvolvida ao longo de sete capítulos fundamentais. No capítulo 2 apresenta-se o caso do Aeroporto Internacional da Praia, destacando especialmente a questão do congestionamento do terminal de passageiros.

O capítulo 3 consiste, essencialmente, na análise dos principais estudos sobre a expansão de capacidade de aeroportos servindo assim de fundamento à resolução do caso prático. Aqui apresenta-se os conceitos fundamentais, importantes para uma melhor compreensão do estudo e avaliação da opção.

No capítulo 4, aborda-se a metodologia aplicada na resolução do caso prático. Desta forma, é explicada e analisada de forma detalhada um modelo adaptado dos modelos propostos por Armada, Pereira e Rodrigues (2008) e Rodrigues (2009).

O capítulo 5 resume-se na descrição dos dados. Neste sentido, procede-se à determinação de todos os *inputs* indispensáveis à aplicação do modelo.

Já o capítulo 6 consiste não só na apresentação dos principais resultados derivados da aplicação do modelo como também daqueles resultantes da análise de

sensibilidade de modo a verificar o impacto de determinadas variáveis não só no valor do projecto como também no valor da opção.

Finalmente, no capítulo 7 são expostas as principais conclusões deste estudo, sem deixar de referir as limitações encontradas e eventuais sugestões para trabalhos futuros.



## **Capítulo 2**

### **O Caso do Aeroporto Internacional da Praia**

#### **2.1 Introdução**

Pretende-se, neste capítulo apresentar o problema da expansão de capacidade do Aeroporto Internacional da Praia que será, posteriormente, resolvida no capítulo 6, através da metodologia de opções reais.

#### **2.2 Apresentação do problema**

Ao longo dos anos, Cabo Verde tem-se revelado um destino turístico de relevo a nível mundial, com o consequente aumento significativo de passageiros. Um dos grandes problemas que se tem verificado no principal aeroporto, Aeroporto Internacional da Praia, tem que ver com o congestionamento dos terminais de passageiros principalmente durante os meses de Verão.

Actualmente, Cabo Verde conta com quatro aeroportos internacionais: Aeroporto Internacional da Praia na Ilha de Santiago, Aeroporto Internacional Amílcar Cabral na Ilha do Sal, Aeroporto Internacional da Boavista na Ilha da Boa Vista e Aeroporto de São Pedro na Ilha de São Vicente. Os restantes cinco aeródromos (Aeródromo da Brava, Aeródromo do Fogo, Aeródromo de São Nicolau, Aeródromo de Santo Antão e Aeródromo do Maio) fazem apenas ligações domésticas.

**Figura 2.1 – Mapa de Cabo Verde**



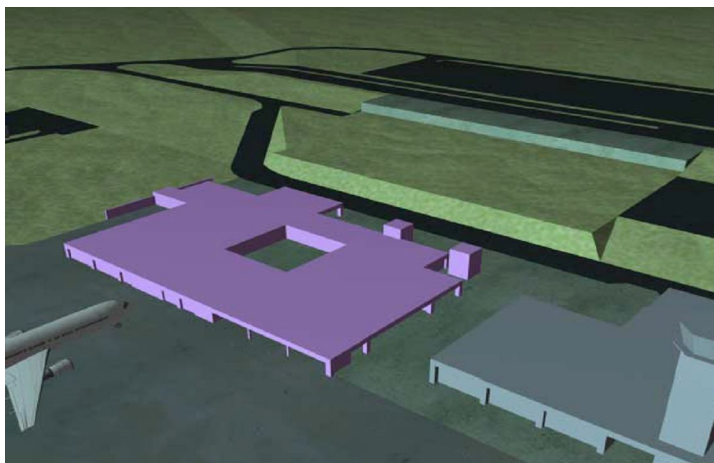
**Fonte:** BCA (2009)

Segundo dados do Centro de Estatística Aeroportuária da ASA (2009), os aeroportos de Cabo Verde movimentaram, no ano de 2007, cerca de 1.043.303 milhões de passageiros, sendo que aproximadamente 35% deste movimento (355.537 mil passageiros) realizou-se no Aeroporto Internacional da Praia. Os restantes foram registados nos outros aeroportos e aeródromos.

O Aeroporto Internacional da Praia, cuja construção se iniciou em 1997, foi inaugurado em 2005 uma vez que o antigo aeroporto da capital de Cabo Verde (Aeroporto Francisco Mendes) estava extremamente congestionado e não havia possibilidade de expansão. O principal problema deste aeroporto tem que ver com os terminais de passageiros (doméstico e internacional) que, em determinados momentos, ficam extremamente congestionados, dado não terem sido concebidos para operar vários aviões de grande porte ao mesmo tempo, mas apenas um de cada vez.

De modo a solucionar o problema deste aeroporto, foi lançado um projecto que consiste na expansão dos terminais de passageiros domésticos e internacionais, constituído actualmente por um único piso como se pode verificar na figura que se segue.

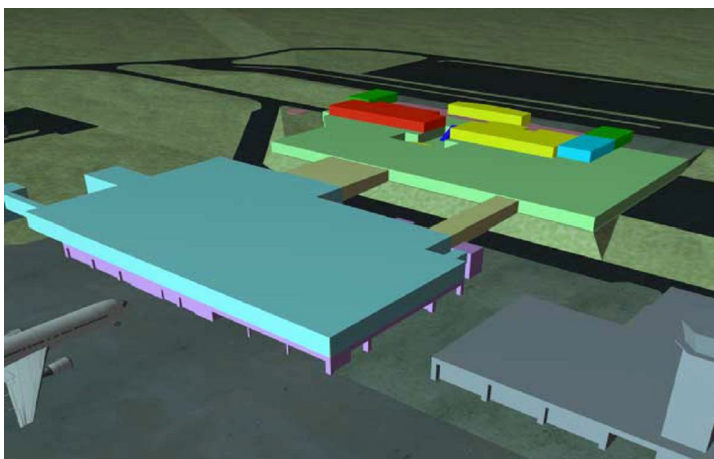
**Figura 2.2 – Terminal actual do Aeroporto Internacional da Praia**



**Fonte:** IATA (2002)

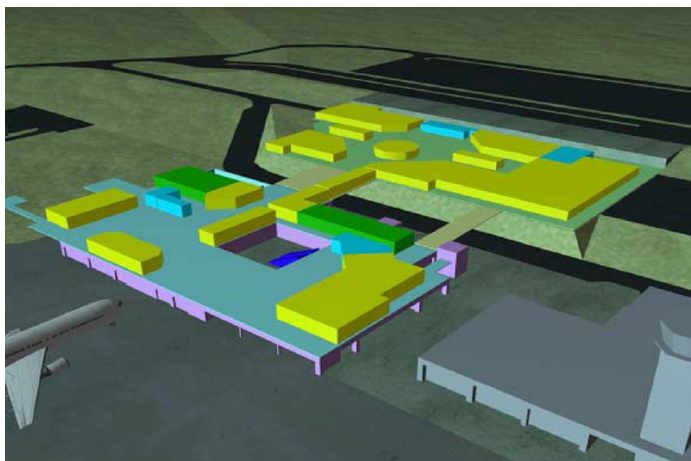
A expansão do referido aeroporto passa pela construção de um novo piso em cima do actual e um que se prolongará à zona do actual parque de estacionamento (ver figura 2.3 e 2.4). Ainda, no âmbito da expansão deste aeroporto prevê-se a construção de um novo terminal, o terminal VIP, e um novo parque de estacionamento de viaturas.

**Figura 2.3 – Novo balcão de *check-in* proposto para o Aeroporto Internacional da Praia**



**Fonte:** IATA (2002)

**Figura 2.4 – Novo terminal de passageiros sugerido para o Aeroporto Internacional da Praia**



**Fonte:** IATA (2002)

O custo do investimento está estimado em cerca de 2.756.625.000 escudos cabo-verdianos, aproximadamente €25 milhões, e espera-se aumentar a sua capacidade instalada de 500 mil para 1.500 mil passageiros anuais.

### **2.3 Opções reais associadas ao projecto em causa**

Estamos perante um investimento de expansão com vida útil bastante longa que conta com o financiamento de várias entidades estrangeiras (e.g., o Banco da Comunidade Económica dos Estados da África Ocidental), e do Governo de Cabo Verde.

A opção de expandir é, segundo Trigeorgis (1996) e Copeland e Antikarov (2003), a opção de fazer novos investimentos e aumentar o retorno do projecto, se desenvolvimentos do mercado no futuro forem favoráveis. Os mesmos autores referem, ainda, que a opção de expansão é similar a uma opção de compra Americana em que o preço de exercício é o valor do investimento e que um projecto passível de expansão vale mais do que um projecto que não possa ser expandido e mais do que um projecto cuja expansão é obrigatória.

O objectivo da expansão do Aeroporto Internacional da Praia é aproveitar e rentabilizar ao máximo as infra-estruturas já existentes. No entanto, existem incertezas relativamente à evolução do número de passageiros devido à acontecimentos como o

crescimento da população em Cabo Verde, o crescimento da economia ou a atractividade de Cabo Verde como um destino turístico.

## **2.4 Considerações finais**

Neste capítulo foi apresentado o caso da expansão de capacidade do Aeroporto Internacional da Praia com especial destaque para a questão do congestionamento dos terminais de passageiros. Foi também feita referência às opções reais que lhe estão associadas.

# Capítulo 3

## Revisão bibliográfica

### 3.1 Introdução

Neste capítulo leva-se a cabo uma revisão da literatura considerada mais relevante no contexto da avaliação das opções reais. Encontra-se dividida em quatro partes. Numa primeira parte, é feita uma breve revisão relativamente ao contexto de surgimento das opções reais. É também salientada a questão da insuficiência dos modelos tradicionais de avaliação de decisões de investimento sob incerteza, tal como o Valor Actual Líquido (VAL).

Na segunda parte, apresentam-se os diferentes tipos de opções reais, as suas características e os primeiros modelos para a sua avaliação.

Já na terceira parte do capítulo, são apresentadas duas das principais abordagens de avaliação das opções reais (programação dinâmica e activos contingentes) bem como as suas principais semelhanças e diferenças.

Por último, faz-se uma revisão dos principais estudos sobre a expansão de capacidade de infra-estruturas em contexto de opções reais.

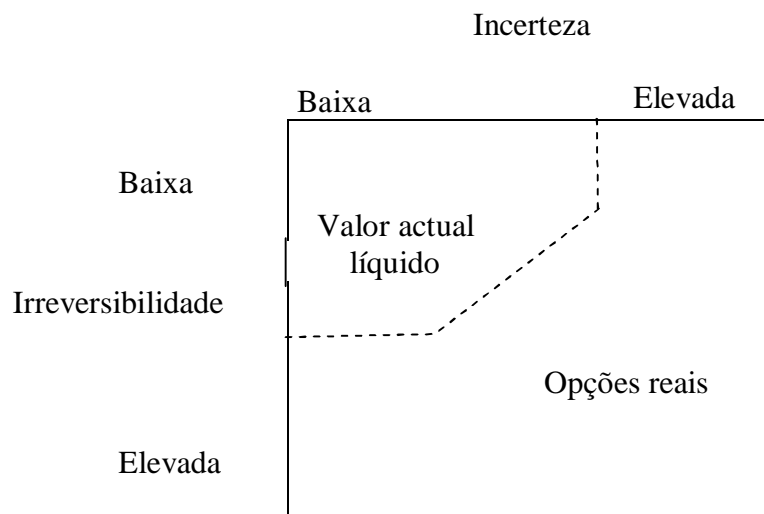
### 3.2 Contexto de surgimento das opções reais

A metodologia das opções reais foi desenvolvida como resposta à insuficiência dos modelos tradicionais de avaliação de decisões de investimento sob incerteza, nomeadamente o VAL. Normalmente, o VAL é calculado através dos fluxos de caixa descontados, e a regra de decisão consiste na aceitação do projecto se o VAL for positivo, ou rejeição caso contrário.

A verdade é que os modelos tradicionais não consideram adequadamente o valor das incertezas nem a flexibilidade de resposta a essas incertezas. O VAL não capta o

valor da flexibilidade que os gestores devem ter em conta na tomada de decisão de levar a cabo um projecto e subestima sistematicamente todo projecto. Tal como referem Amram e Kulatilaka (1999) a avaliação de projectos através da metodologia de opções reais faz todo o sentido em contexto de elevada incerteza e irreversibilidade contrariamente ao VAL que apenas é fiável quando a incerteza e a irreversibilidade do investimento são baixos.

**Figura 3.1 – Limites da aplicabilidade do VAL e das opções reais**



**Fonte:** Adaptado de Amram e Kulatilaka (1999)

Apesar de serem ainda bastante utilizadas na prática, as medidas tradicionais de avaliação de projectos de investimento apresentam importantes limitações de ordem conceptual e prática, pelo que a sua eficácia tem sido amplamente posta em causa.

Quase todos os projectos de investimento possuem três características essenciais que devem ser tidas em consideração na tomada de decisão. A primeira é a irreversibilidade do investimento que pode ser total ou parcial. Segundo Dixit e Pindyck (1994), a principal razão disso é que uma empresa que está a avaliar uma oportunidade de investimento tem uma opção de compra que lhe dá o direito, mas não a obrigação de investir no projecto. Quando o investimento é realizado, a opção é exercida e a empresa perde a oportunidade de aguardar por informações novas que poderiam influenciar não só a tomada de decisão de investir como também o momento óptimo para o fazer. A perda desta opção tem um custo de oportunidade que deve ser considerado na

determinação do custo do investimento, o que mostra que a opção de investimento tem valor, mesmo antes da realização do investimento.

A segunda é a incerteza sobre os fluxos de caixa futuros resultantes da realização do investimento onde, segundo Dixit e Pindyck (1994), o máximo que a entidade responsável pelo projecto pode fazer é atribuir probabilidades aos possíveis resultados. Desta forma, quanto maior a incerteza sobre a evolução dos fluxos de caixa do projecto, maior será o valor das flexibilidades embutidas neste e, conseqüentemente, maior o valor das opções.

Por último, temos a flexibilidade que deve estar presente no projecto para que os gestores possam interferir na sua execução, (i.e., exercendo a opção de abandono, expansão, contratação, adiamento, etc.) de acordo com novos cenários de mercado que surgirão ao longo da vida do projecto.

As três características referidas anteriormente, presentes na maioria dos projectos, são os requisitos essenciais para que um projecto deva ser avaliado de acordo com a teoria das opções reais, já que os métodos tradicionais não conseguem avaliá-los de forma adequada. Com o desenvolvimento dos modelos de avaliação de opções reais passamos a ter a possibilidade de incorporar o valor de tais flexibilidades na avaliação de projectos de investimento.

### **3.3 Tipos de opções reais**

O artigo de Brennan e Schwartz (1985) marcou o início de uma nova etapa na avaliação de projectos de investimento através de opções reais. Estes autores desenvolveram um modelo de avaliação aplicado à exploração de recursos naturais onde consideraram um conjunto de opções em simultâneo.

Desde então, uma série de opções reais foram identificadas e avaliadas. Segundo Copeland e Antikarov (2003) uma opção real constitui um direito, mas não uma obrigação de levar a cabo uma acção a um custo previamente definido denominado de preço de exercício, por um período de tempo preestabelecido até a maturidade da opção. Tal como nas opções financeiras, os factores relevantes para a sua avaliação são o preço do activo subjacente sujeito ao risco, o preço de exercício da opção (normalmente o



custo do investimento), a maturidade da opção, o risco do activo subjacente e a taxa de juro isenta de risco.

Trigeorgis (1996) identifica uma série de opções reais. As mais comuns são opção de expansão, opção de adiar o investimento, opção de abandonar o projecto e opção de modificar o projecto. Os primeiros modelos para a avaliação destas opções foram desenvolvidos por: McDonald e Siegel (1985, 1986), que avaliaram a opção de adiar ou iniciar um investimento através de equações parciais diferenciais; Brennan e Schwartz (1985), que analisaram a opção de encerrar temporariamente um projecto de investimento; Trigeorgis e Mason (1987) e Pindyck (1988), que avaliaram as opções de expansão de projectos e de contratação e Myers e Majd (1990) que analisaram a opção de abandono do investimento quando condições de mercado se revelarem desfavoráveis.

### **3.4 Duas abordagens de avaliação das opções reais<sup>1</sup>**

#### **3.4.1 Abordagem da Programação dinâmica**

A programação dinâmica é uma das principais aproximações que possibilita a avaliação de opções, quer financeiras quer reais. Permite dividir a sequência das decisões inerentes à avaliação de uma opção em duas componentes: o valor da opção se exercida imediatamente e o valor de continuação que incorpora o valor da opção assumindo que o seu exercício será óptimo nos períodos seguintes. Contudo, a solução depende da natureza da opção.

Por um lado, se ela for finita começa-se no último período, onde não existe qualquer valor de continuação, e trabalha-se recursivamente até ao momento actual. Por outro lado, se a opção for perpétua pode-se chegar a soluções fechadas que dão o valor exacto da opção.

#### **3.4.2 Abordagem dos activos contingentes**

---

<sup>1</sup> Baseia-se essencialmente em Dixit e Pindyck (1994)

Na abordagem dos activos contingentes admite-se a possibilidade de construir uma carteira isenta de risco, com a mesma distribuição de rendibilidade que as variáveis-estado, consistindo no projecto e numa posição curta em  $n$  unidades da variável-estado, o que implica um custo durante um certo período de tempo.

A diferença, relativamente à metodologia da programação dinâmica, é que na análise dos activos contingentes a taxa de juro isenta de risco,  $r$ , é utilizada em vez da taxa de desconto exógena,  $\rho$ , e um diferencial  $r - \delta$  substitui  $\alpha$ . Contudo, estão relacionados um com o outro e em muitos casos levam a resultados semelhantes.

### 3.5 Opções reais em aeroportos

Estudos sobre a avaliação de opções reais em grandes projectos de investimento, nomeadamente expansão de capacidade de aeroportos têm registado uma evolução significativa ao longo das últimas décadas.

Opções de expansão de aeroportos Europeus foram estudadas por Smit (2003) combinando a teoria das opções reais com a teoria dos jogos por intermédio de um modelo em tempo discreto em que determina o valor actual das oportunidades de crescimento num contexto de concorrência e evolução do mercado. Considera a infra-estrutura de cada aeroporto como um activo específico de uma empresa que gera uma sequência de opções de expansão. O autor salienta ainda que a posição estratégica do aeroporto e o seu valor de opção de crescimento depende da infra-estrutura e do momento óptimo de investimento de expansão em contexto de concorrência. Analisa também a possibilidade de expansão simultânea e expansão sequencial.

Baseando num estudo de caso, Gil (2007) estudou uma série de opções reais embebidas em projectos de investimento em aeroportos. Genericamente, analisou doze opções perpétuas sob três dimensões (i.e., opção de faseamento, opção de expansão e opção de troca) subjacentes a cinco projectos que faziam parte de um programa de expansão de um aeroporto. Neste contexto, o autor analisa as decisões de salvaguardar produtos e sistemas complexos em função da incerteza, relativamente ao exercício da opção, e da modularidade da infra-estrutura. Todavia, os resultados evidenciaram que a salvaguarda aumenta o valor da opção, embora se tornam menos atractivos em contexto

de elevada incerteza e baixa modularidade, dois factores que geralmente aumentam o valor da opção.

Pereira, Rodrigues e Armada (2007) analisaram a opção de investir num novo aeroporto admitindo que o número de passageiros e a receita por passageiro se comportam de acordo com um movimento geométrico Browniano. Posteriormente, consideraram a possibilidade de ocorrer choques aleatórios positivos e negativos sobre a procura, podendo, modificar, de um modo discreto, o nível da variável-estado. Uma das principais suposições tem que ver com o facto do fluxo de caixa líquido por passageiro ser constante.

Os resultados da aplicação prática, evidenciam que uma elevada incerteza sobre as variáveis estocásticas diminui o valor do projecto e aumenta a opção de adiamento se a taxa de retorno exigida ajustada às variações de volatilidade for, pelo menos parcialmente, não diversificável. Porém, o modelo assume que o investimento é imediato não admitindo a opção de suspender ou acelerar o investimento. Ignora também, o efeito da concorrência que, como se sabe, pode levar à antecipação da decisão de investimento.

De Neufville (2008) mostrou como a flexibilidade pode gerir incertezas, quanto ao tipo, localização e nível de investimento em infra-estruturas aeroportuárias, e maximizar o valor esperado para o caso dos aeroportos de Portugal. Através da utilização de opções reais, analisou a crescente evolução das companhias aéreas de baixo custo afirmando que estes têm uma importante implicação no *design* dos aeroportos permitindo aos seus proprietários ajustar, facilmente, as suas instalações às variações na localização e necessidades das transportadoras aéreas.

Os incentivos, por vezes, necessários em investimentos em aeroportos quando o objectivo for realizar o investimento imediatamente, foram analisados por Armada, Pereira e Rodrigues (2008) admitindo que o custo do investimento, constante, pode apenas produzir um valor actual líquido positivo até uma certa capacidade instalada ou nível de procura, a partir do qual o investimento necessário é, pelo menos, igual ao valor do projecto. Estendem também os modelos prévios de avaliação de opções reais assumindo que desvios da taxa de crescimento em equilíbrio são apenas temporários.

Tal como Armada, Pereira e Rodrigues (2008), Marathe e Ryan (2009) admitem que a procura segue um movimento geométrico Browniano ao longo de um horizonte

infinito e que a expansão pode ocorrer antes ou depois da procura exceder a capacidade instalada. Comparam os potenciais limites de capacidade a uma opção de barreira, particularmente uma *up-and-out call option*.

Os resultados evidenciam que a estratégia de adiamento e expansão infrequente é ótimo em situação de grande escassez de nível de serviço, curta duração do investimento, significativas economias de escala, pequeno crescimento esperado da procura e/ou baixa volatilidade da procura. Já a estratégia de pequenas e frequentes expansões, que são iniciadas proactivamente, é ótima em situação de escasso nível de serviço, pequenas economias de escala e elevados riscos de escassez resultantes da combinação de longas durações do investimento e rápido ou crescimento volátil da procura.

Rodrigues (2009) analisou as diferentes estratégias de entrar no mercado considerando que, o investimento pode ser feito de forma sequencial ou em simultâneo em todos os segmentos. Embora, a maioria dos modelos desenvolvidos para a expansão de capacidade (e.g., Marathe e Ryan (2009)) assume que este ocorre antes ou imediatamente depois do nível da procura ultrapassar a capacidade instalada, Rodrigues (2009) assume, dependendo dos parâmetros, uma terceira possibilidade onde o momento ótimo para realizar a expansão ocorre entre a capacidade inicial instalada e a capacidade instalada prevista resultante do investimento de expansão. Assim, o momento ótimo de expansão pode estar compreendido nos seguintes intervalos distintos:  $[0, C_i[$ ,  $[C_i, C_j[$  ou  $[C_j, \infty[$  onde  $C_i$  e  $C_j$  representam a capacidade instalada inicial e a capacidade instalada prevista resultante da expansão para o segmento seguinte.

Contrariamente à maioria dos modelos de avaliação de opções reais o modelo de Rodrigues (2009) assume que a procura pode apenas crescer até um certo limite, determinado pela dimensão do segmento, e que o processo que conduz a procura de cada segmento não é um processo correlacionado, mas, em vez disso, esta se comporta de forma diferente antes e depois do investimento em cada segmento e de acordo com um *switching process* endógeno.

Os resultados evidenciam que, dependendo dos parâmetros, pode ser ótimo expandir para o segmento seguinte imediatamente depois de investir no primeiro segmento ou esperar até que a procura atinja um valor crítico específico. No entanto, de

acordo com alguns pressupostos específicos, as opções de crescimento futuro evidenciaram não ter qualquer impacto no momento ótimo de investir no segmento inicial, apesar do seu valor ser maior que muitas oportunidades de crescimento futuro disponíveis.

Num estudo feito pela Associação Comercial do Porto (ACP, 2007), sobre o impacto da localização de um novo aeroporto na região de Lisboa, foram consideradas três opções reais. São elas: a opção de diferimento ou antecipação do investimento de expansão; a opção de flexibilidade e a opção de abandono do aeroporto existente. Referem que a opção de expansão apenas existe se o aeroporto é construído de forma modular e se a localização escolhida não constituir obstáculos à sua expansão e que, na prática, as opções de expansão são limitadas a uma capacidade máxima determinada não só por razões naturais mas também põe questões de organização industrial.

### **3.6 Considerações finais**

Neste capítulo foram apresentados, essencialmente, os diferentes tipos de opções reais e os principais modelos para a sua avaliação. Foi feita ainda uma análise dos diferentes estudos sobre a avaliação de opções reais em aeroportos com especial destaque para a opção de expansão de capacidade.

No próximo capítulo, será apresentado, em detalhe, o modelo de avaliação de opções reais que será utilizado na parte prática deste estudo.

# Capítulo 4

## Modelo

### 4.1 Introdução

Depois de, no capítulo anterior, se terem discutido os diferentes modelos de avaliação de opções reais, pretende-se, neste capítulo, apresentar de forma detalhada o modelo utilizado na parte prática deste trabalho. Para o efeito, será utilizada uma adaptação dos modelos desenvolvidos por Armada, Pereira e Rodrigues (2008) e Rodrigues (2009).

### 4.2 O valor do projecto

Assume-se que  $P$ , o número de passageiros, segue o seguinte processo geométrico Browniano:

$$dP = \alpha P dt + \sigma P dz \quad (4.1)$$

onde,  $\alpha$  é a taxa de crescimento médio esperado do número de passageiros,  $\sigma$  o desvio padrão e,  $dz$  um incremento do processo de Wiener.  $P$  é a única fonte de incerteza e constitui a variável determinante da expansão.

Embora exista alguma polémica sobre a assumpção de que o número de passageiros segue um movimento geométrico Browniano, Marathe e Ryan (2005) ao analisarem a validade deste pressuposto para o caso dos passageiros das companhias aéreas dos Estados Unidos não foram capazes de rejeitar a hipótese de normalidade e independência dos *log ratios*.

Existe uma capacidade instalada  $C_1$  que passa a ser  $C_2$  após a expansão. Cada passageiro produz um fluxo de caixa líquido actual  $R_1$  que evolui para  $R_2$  com a expansão. O valor actual do custo do investimento é  $K$ .

O processo equivalente à equação 4.1 ajustado ao risco é dado por:

$$dP = (r - \delta)Pdt + \sigma Pdz \quad (4.2)$$

onde,  $\delta = \mu - \alpha$  e  $\mu$  representa a taxa de retorno em equilíbrio. Partindo do pressuposto de que o mercado é completo, o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) pode ser utilizado na determinação do retorno em equilíbrio (Dixit e Pindyck, 1994). Assim, a taxa de retorno em equilíbrio é:

$$\mu = r + \beta(R_M - r) \quad (4.3)$$

com  $r$  a taxa de juro sem risco,  $\beta$  o risco do mercado e  $R_M$  a taxa de retorno do mercado.

Aplicando a abordagem dos activos contingentes e admitindo a possibilidade de construir uma carteira isenta de risco, com a mesma distribuição de rendibilidade que o projecto e que consiste numa posição longa na opção e curta em  $V_p$  unidades do projecto o que implica pagar  $\delta PV_p$  por período de tempo, chega-se à seguinte equação ordinária diferencial não homogénea seguida pelo valor do projecto  $V_i(P)$ , imediatamente após o investimento (ver apêndice 4.1):

$$\frac{1}{2}\sigma^2 P^2 V_{iPP} + (r - \delta)PV_{iP} - rV_i(P) + \pi(P) = 0 \quad (4.4)$$

com,  $i = 1, 2$ . Sendo assim,  $V_1(P)$  representa o valor do projecto antes da expansão e  $V_2(P)$  o seu valor depois do investimento de expansão.

O fluxo de caixa, representado por  $\pi(P)$  na equação 4.4, é dado por  $\pi(P) = R_i \min(P, C_i)$  sendo que  $\pi(P) = R_i P$  para  $P < C_i$  e  $\pi(P) = R_i C_i$  caso contrário.

A solução geral da equação 4.4 (ver apêndice 4.2) é dada por:

$$V_i(P) = \begin{cases} A_i P^{\beta_1} + \frac{R_i P}{\delta} & \text{se } P < C_i \\ E_i P^{\beta_2} + \frac{R_i C_i}{r} & \text{se } P \geq C_i \end{cases} \quad (4.5)$$

onde  $A_i$ ,  $E_i$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  são como se segue (ver apêndice 4.3 e 4.4 para detalhes):

$$A_i = \frac{C_i^{1-\beta_1}}{\beta_2 - \beta_1} \times R_i \times \left( \frac{\beta_2}{r} - \frac{\beta_2 - 1}{\delta} \right) \quad (4.6)$$

$$E_i = \frac{C_i^{1-\beta_2}}{\beta_2 - \beta_1} \times R_i \times \left( \frac{\beta_1}{r} - \frac{\beta_1 - 1}{\delta} \right) \quad (4.7)$$

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{r - \delta}{\sigma^2} + \sqrt{\left( -\frac{1}{2} + \frac{r - \delta}{\sigma^2} \right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (4.8)$$

$$\beta_2 = \frac{1}{2} - \frac{r - \delta}{\sigma^2} - \sqrt{\left( -\frac{1}{2} + \frac{r - \delta}{\sigma^2} \right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (4.9)$$

$A_i$  assume dois possíveis valores:  $A_1$  e  $A_2$  dependendo de estar antes ou depois da capacidade actual instalada  $C_1$ . O mesmo acontece com  $E_i$  que passa a ser  $E_1$  e  $E_2$ .

#### 4.3 O valor da opção de investimento

Depois de determinar o valor do projecto, o próximo passo consiste na determinação do valor da opção de investir no projecto ( $F(P)$ ). Aplicando os mesmos procedimentos para encontrar  $V_i(P)$  chega-se à seguinte equação diferencial que  $F(P)$  deve satisfazer:

$$\frac{1}{2} \sigma^2 P^2 F_{PP} + (r - \delta) P F_P - r F(P) = 0 \quad (4.10)$$

$F(P)$  deve, ainda, satisfazer as seguintes condições de fronteira:

$$F(0) = 0 \quad (4.11)$$

$$F(P^*) = V_2(P^*) - V_1(P^*) - K \quad (4.12)$$

$$F'(P^*) = V_2'(P^*) - V_1'(P^*) \quad (4.13)$$

A primeira condição de fronteira diz que a opção não tem valor se  $P$  atingir a barreira absorvente  $P = 0$ . A segunda, conhecida por *value-matching condition* (condição de continuidade), diz que no ponto  $P^*$  é óptimo o exercício imediato da opção, obtendo um *payoff* dado pela diferença entre o valor do projecto e o valor do investimento. Por último, *smooth-pasting condition* (contacto suave) diz que a curva do valor da opção deve tocar suavemente a curva do *payoff* de exercício (normalmente



recta) no ponto crítico  $P^*$  onde a derivada da opção em relação ao projecto  $P$  é igual a derivada da função *payoff* de exercício.

A solução geral para  $F(P)$  (ver apêndice 4.5) é:

$$F(P) = H_1 P^{\beta_1} \quad (4.14)$$

Na prática, as entidades gestoras dos projectos não estão apenas interessadas em saber o valor da opção, mas também a regra de decisão que maximiza o valor da opção de investir, neste caso dado por um valor crítico,  $P^*$ , a partir do qual é óptimo investir. Este valor crítico pode ser duas ou três vezes maior que o valor do investimento, dependendo principalmente da volatilidade do activo subjacente (McDonald e Siegel, 1986; Dixit e Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996).

O valor da opção de investir no projecto é influenciado pelas incertezas associadas ao próprio projecto, pois quanto maior a volatilidade, maior é o valor da opção. Dessa forma o activo subjacente pode atingir valores maiores, e isso pode ser explicado matematicamente através da desigualdade de Jensen, uma vez que a opção  $F(P)$  é uma função convexa de  $P$ . Prova-se também que o valor crítico será maior quanto maior for a volatilidade e/ou os dividendos (Dixit e Pindyck, 1994).

Ao expandir para a capacidade instalada  $C_2$  a empresa suporta um custo de investimento,  $K$ , e beneficiará de uma maior capacidade instalada, isto é,  $C_2 > C_1$ . Dependendo das capacidades instaladas, o número de passageiro para o qual é óptimo expandir o aeroporto pode estar nos seguintes intervalos:  $[0, C_1[$ ,  $[C_1, C_2[$  ou  $[C_2, \infty[$ .

### **Caso 1:** $P^* < C_1 < C_2$

No caso em que o número de passageiro para o qual é óptimo expandir o aeroporto estiver abaixo das capacidades instaladas  $C_1$  e  $C_2$  a solução é encontrada com base nas seguintes condições de *value-matching* e *smooth-pasting*:

$$H_1 P^{*\beta_1} = A_2 P^{*\beta_1} + \frac{R_2 P^*}{\delta} - A_1 P^{*\beta_1} - \frac{R_1 P^*}{\delta} - K \quad (4.15)$$

$$\beta_1 H_1 P^{*(\beta_1-1)} = \beta_1 A_2 P^{*(\beta_1-1)} + \frac{R_2}{\delta} - \beta_1 A_1 P^{*(\beta_1-1)} - \frac{R_1}{\delta} \quad (4.16)$$

Resolvendo em ordem à  $P^*$  e  $H_1$  tem-se:

$$P^* = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} \times \frac{\delta}{R_2 - R_1} \times K \quad (4.17)$$

e,

$$H_1 = A_2 - A_1 + \left( \frac{R_2 - R_1}{\delta} \right) P^{*(1-\beta_1)} - K P^{*(-\beta_1)} \quad (4.18)$$

**Caso 2:**  $C_1 \leq P^* < C_2$

Para o segundo caso são consideradas as seguintes condições de *value-matching* e *smooth-pasting*:

$$H_1 P^{*\beta_1} = A_2 P^{*\beta_1} + \frac{R_2 P^*}{\delta} - E_1 P^{*\beta_2} - \frac{R_1 C_1}{r} - K \quad (4.19)$$

$$\beta_1 H_1 P^{*(\beta_1-1)} = \beta_1 A_2 P^{*(\beta_1-1)} + \frac{R_2}{\delta} - \beta_2 E_1 P^{*(\beta_2-1)} \quad (4.20)$$

Resolvendo chega-se à conclusão de que  $P^*$  é a solução para a seguinte equação não linear:

$$(\beta_2 - \beta_1) E_1 P^{*\beta_2} + (\beta_1 - 1) \frac{R_2}{\delta} P^* - \beta_1 \left( \frac{R_1 C_1}{r} + K \right) = 0 \quad (4.21)$$

e  $H_1$  é:

$$H_1 = A_2 + \frac{R_2}{\delta} P^{*(1-\beta_1)} - E_1 P^{*(\beta_2-\beta_1)} - \left( \frac{R_1 C_1}{r} + K \right) \times P^{*(-\beta_1)} \quad (4.22)$$

**Caso 3:**  $C_1 < C_2 \leq P^*$

Por último, para  $C_1 < C_2 \leq P^*$  a solução é encontrada através das seguintes *value-matching* e *smooth-pasting conditions*:

$$H_1 P^{*\beta_1} = E_2 P^{*\beta_2} + \frac{R_2 C_2}{r} - E_1 P^{*\beta_2} - \frac{R_1 C_1}{r} - K \quad (4.23)$$

$$\beta_1 H_1 P^{*(\beta_1-1)} = \beta_2 E_2 P^{*(\beta_2-1)} - \beta_2 E_1 P^{*(\beta_2-1)} \quad (4.24)$$

As soluções são:

$$P^* = \left[ \frac{\beta_1}{(\beta_2 - \beta_1)(E_2 - E_1)} \times \left( \frac{R_2 C_2 - R_1 C_1}{r} - K \right) \right]^{\frac{1}{\beta_2}} \quad (4.25)$$

e,

$$H_1 = (E_2 - E_1) P^{*(\beta_2 - \beta_1)} + \left( \frac{R_2 C_2 - R_1 C_1}{r} - K \right) P^{*(-\beta_1)} \quad (4.26)$$

A solução geral para o valor da opção de investimento  $F(P)$  é:

$$F(P) = \begin{cases} H_1 P^{\beta_1} & \text{se } P < P^* \\ V_2(P) - V_1(P) - K & \text{se } P \geq P^* \end{cases} \quad (4.27)$$

#### 4.4 Considerações finais

Neste capítulo foi desenvolvida, em termos teóricos, uma metodologia de avaliação de opções reais adaptada dos modelos propostos por Armada, Pereira e Rodrigues (2008) e Rodrigues (2009), cuja aplicação prática será feita nos capítulos seguintes.

De seguida, proceder-se-á à avaliação das opções reais no projecto em causa, com base na metodologia anteriormente descrita, e apresentação dos resultados obtidos.

## Apêndices do capítulo 4

### Apêndice 4.1 – Equação ordinária diferencial seguido pelo valor do projecto $V_i(P)$

Este apêndice mostra os procedimentos seguidos para chegar à equação ordinária diferencial seguido pelo valor do projecto  $V_i(P)$ . Sabendo que o retorno total de uma carteira isenta de risco, constituída por uma posição longa na opção e curta em  $V_{iP}$  unidades do projecto, é dado por:

$$dV_i - V_{iP}dP + \pi(P)dt - \delta PV_{iP}dt = r(V_i - PV_{iP})dt \quad (4.28)$$

e, que pelo Lema de Ito o processo seguido por  $d(P) = \log P$  temos:

$$dV_i = V_{iP}dP + V_i dz + \frac{1}{2}V_{iPP}(dP)^2 \Leftrightarrow dV_i = \alpha PV_{iP}dt + \sigma PV_{iP} + \frac{1}{2}\sigma^2 P^2 V_{iPP}dt \quad (4.29)$$

Substituindo  $dV$  dada pela equação 4.29 na equação 4.28 temos:

$$\begin{aligned} \alpha PV_{iP}dt + \sigma PV_{iP}dz + \frac{1}{2}\sigma^2 P^2 V_{iPP}dt - V_{iP}dP + \pi(P)dt - \delta PV_{iP}dt &= r(V_i - PV_{iP})dt \\ \Leftrightarrow \frac{1}{2}\sigma^2 P^2 V_{iPP}dt + \pi(P)dt - \delta PV_{iP}dt - r(V_i - PV_{iP})dt &= 0 \\ \Leftrightarrow \frac{1}{2}\sigma^2 P^2 V_{iPP} + (r - \delta)PV_{iP} - rV_i(P) + \pi(P) &= 0 \end{aligned} \quad (4.30)$$

### Apêndice 4.2 – Valor do projecto $V_i(P)$

Este apêndice mostra os passos seguidos na determinação do valor do projecto  $V_i(P)$ . Assim, sabendo que  $\pi(P) = R_i \min(P, C_i)$ , existe duas possíveis soluções para  $V_i(P)$ . Na região onde  $P < C_i$ ,  $\pi(P) = R_i P$  e, a solução para  $V_i(P)$  toma a seguinte forma:

$$V_i(P) = A_i P^{\beta_1} + B_i P^{\beta_2} + \frac{R_i P}{\delta} \quad (4.31)$$

À medida que  $P$  tende para zero  $V_i(P)$  tende também para zero, e  $P^{\beta_2}$  tende para infinito o que faz com que  $B_i$  seja nulo e  $V_i(P)$  passa a ser:

$$V_i(P) = A_i P^{\beta_1} + \frac{R_i P}{\delta} \quad (4.32)$$

Por outro lado, se  $P \geq C_i$ ,  $\pi(P) = R_i C_i$  e  $V_i(P)$  é dado por:

$$V_i(P) = D_i P^{\beta_1} + E_i P^{\beta_2} + \frac{R_i C_i}{r} \quad (4.32)$$

Como  $P^{\beta_1}$  tende para infinito à medida que  $P$  tende para infinito,  $D_i$  deve ser igual a zero e a solução de  $V_i(P)$  passa a ser:

$$V_i(P) = E_i P^{\beta_2} + \frac{R_i C_i}{r} \quad (4.32)$$

Generalizando, o valor do projecto para uma capacidade instalada  $C_i$  é dado por:

$$V_i(P) = \begin{cases} A_i P^{\beta_1} + \frac{R_i P}{\delta} & \text{se } P < C_i \\ E_i P^{\beta_2} + \frac{R_i C_i}{r} & \text{se } P \geq C_i \end{cases} \quad (4.33)$$

### Apêndice 4.3 – Determinação das constantes $A_i$ e $E_i$

Este apêndice mostra a determinação das constantes  $A_i$  e  $E_i$  assumindo que o valor do projecto  $V_i(P)$  é o mesmo quando  $P = C_i$ .

Igualando as duas possíveis soluções de  $V_i(P)$  e substituindo  $P$  por  $C_i$  temos:

$$A_i P^{\beta_1} + \frac{R_i P}{\delta} = E_i P^{\beta_2} + \frac{R_i C_i}{r} \Leftrightarrow A_i C_i^{\beta_1} + \frac{R_i C_i}{\delta} = E_i C_i^{\beta_2} + \frac{R_i C_i}{r} \quad (4.34)$$

Resolvendo em ordem a  $A_i$  e  $E_i$  chega-se ao seguinte sistema:

$$\begin{cases} A_i = E_i C_i^{(\beta_2 - \beta_1)} + \left( \frac{R_i}{r} - \frac{R_i}{\delta} \right) \times C_i^{(1 - \beta_1)} \\ E_i = A_i C_i^{(\beta_1 - \beta_2)} + \left( \frac{R_i}{\delta} - \frac{R_i}{r} \right) \times C_i^{(1 - \beta_2)} \end{cases} \quad (4.35)$$

Fazendo a derivada parcial da equação 4.34 em ordem a  $P$  e substituindo  $A_i$  para encontrar  $E_i$  temos:

$$\beta_1 C_i^{(\beta_1 - 1)} \times \left[ E_i C_i^{(\beta_2 - \beta_1)} + \left( \frac{R_i}{r} - \frac{R_i}{\delta} \right) C_i^{(1 - \beta_1)} \right] + \frac{R_i}{\delta} - \beta_2 E_i C_i^{(\beta_2 - 1)} = 0 \quad (4.36)$$

Resolvendo em ordem a  $E_i$  temos:

$$E_i = \frac{C_i^{1 - \beta_2}}{\beta_2 - \beta_1} \times R_i \times \left( \frac{\beta_1}{r} - \frac{\beta_1 - 1}{\delta} \right) \quad (4.37)$$

Por outro lado, fazendo a derivada parcial da equação 4.34 em ordem a  $P$  e substituindo  $E_i$  para encontrar  $A_i$  temos:

$$\beta_1 A_i C_i^{(\beta_1 - 1)} + \frac{R_i}{\delta} - \beta_2 C_i^{(\beta_2 - 1)} \times \left[ A_i C_i^{(\beta_1 - \beta_2)} + \left( \frac{R_i}{\delta} - \frac{R_i}{r} \right) C_i^{(1 - \beta_2)} \right] = 0 \quad (4.38)$$

Resolvendo em ordem a  $A_i$  chega-se a seguinte solução:

$$A_i = \frac{C_i^{1 - \beta_1}}{\beta_2 - \beta_1} \times R_i \times \left( \frac{\beta_2}{r} - \frac{\beta_2 - 1}{\delta} \right) \quad (4.39)$$

#### Apêndice 4.4 – Determinação dos coeficientes $\beta_1$ e $\beta_2$

Este apêndice mostra os passos seguidos na determinação dos coeficientes  $\beta_1$  e  $\beta_2$ . Desta forma, fazendo a derivada de  $V_i(P) = A_i P^{\beta_1} + \frac{R_i P}{\delta}$  em ordem a  $P$  e substituindo o resultado na equação ordinária diferencial 4.4 chega-se à seguinte equação do segundo grau:

$$\frac{1}{2} \sigma^2 \beta_1^2 - \left( \frac{1}{2} \sigma^2 + (r - \delta) \right) \beta_1 - r = 0 \quad (4.40)$$

Aplicando a fórmula resolvente temos:

$$\beta = \frac{-\left(\frac{1}{2}\sigma^2 + (r - \delta)\right) \pm \sqrt{\left(-\frac{1}{2}\sigma^2 + (r - \delta)\right)^2 - 4 \times \frac{1}{2}\sigma^2(-r)}}{2 \times \frac{1}{2}\sigma^2} \quad (4.41)$$

Consequentemente,

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{r - \delta}{\sigma^2} + \sqrt{\left(-\frac{1}{2} + \frac{r - \delta}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (4.42)$$

e,

$$\beta_2 = \frac{1}{2} - \frac{r - \delta}{\sigma^2} - \sqrt{\left(-\frac{1}{2} + \frac{r - \delta}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (4.43)$$

#### **Apêndice 4.5 – Determinação do valor da opção de investimento $F(P)$**

Este apêndice consiste na demonstração do valor da opção de investir no projecto dado por  $F(P)$ . Neste sentido, ao resolver a equação diferencial seguida por  $F(P)$  com base na primeira e terceira condição de fronteira chega-se à seguinte solução:

$$F(P) = H_1 P^{\beta_1} + H_2 P^{\beta_2} \quad (4.44)$$

Como a primeira condição de fronteira implica  $H_2 = 0$ ,  $F(P)$  passa a ser:

$$F(P) = H_1 P^{\beta_1} \quad (4.45)$$

# Capítulo 5

## Dados

### 5.1 Introdução

Neste capítulo é apresentada a técnica adoptada para a recolha dos dados e tratamento dos mesmos. Posteriormente, será feita uma descrição dos *inputs* utilizados para a avaliação do projecto. São eles: o número de passageiros, a capacidade instalada actual e prevista, a receita líquida actual e esperada por passageiro, a taxa de crescimento do número de passageiros, o desvio padrão, a taxa de juro isenta de risco, a rendibilidade do mercado e a taxa de retorno em equilíbrio.

### 5.2 Técnica de recolha e tratamento dos dados

De forma a atingir os objectivos a que nos propusemos adoptamos uma metodologia de recolha dos dados, necessários à aplicação do modelo, que consiste no contacto directo com a entidade responsável pela gestão dos aeroportos de Cabo Verde, pois entendemos que seria o melhor procedimento a adoptar de forma a garantir a credibilidade e a fiabilidade dos mesmos.

No entanto, foi garantida a confidencialidade dos dados, cuja utilização se limitaria apenas à realização da presente dissertação.

Na implementação do modelo iremos utilizar o programa *Microsoft Office Excel 2003*.



### 5.3 Número de passageiros

O período de dados disponíveis está compreendido entre Janeiro de 2006 e Dezembro de 2007. Apesar de se afigurar como desejável a escolha de um período mais alargado, tal não foi possível uma vez que a entidade gestora dos aeroportos de Cabo Verde não dispõe de registos mensais referentes à períodos anteriores a 2006 (o aeroporto foi inaugurado em Outubro de 2005) e posteriores a 2007. Quanto à periodicidade dos dados, utilizaram-se registos mensais, o que permitiu a obtenção de vinte e quatro observações.

O número de passageiros ( $P$ ) considerado na aplicação do modelo é o número total de passageiros registado em 2007 ( $P = 355.537$ ) e inclui os passageiros embarcados, desembarcados e em trânsito.

### 5.4 Custo do investimento

O valor do investimento previsto ronda os €25.000.000 equivalentes a 2.756.625.000 escudos cabo-verdianos<sup>2</sup>. Assume-se que este é o valor de exercício da opção ( $K$ ).

### 5.5 Capacidade instalada actual e prevista

A capacidade actual instalada ( $C_1$ ) do Aeroporto Internacional da Praia é de 500.000 passageiros anuais. Com a expansão espera-se que o aeroporto consiga albergar cerca de 1.500.000 passageiros anuais (i.e.,  $C_2 = 1.500.000$ ).

---

<sup>2</sup> €1 equivale a ECV110,265segundo <http://www.bcv.cv/>

## 5.6 Receita líquida actual e esperada por passageiro

A determinação da receita líquida actual por passageiro teve por base apenas o Relatório e Contas da ASA para o período de 2006 visto que o Aeroporto Internacional da Praia foi inaugurado em Outubro de 2005 e não nos foi disponibilizado qualquer relatório dos períodos posteriores a 2006. Desta forma, determinamos a receita líquida anual por passageiro ( $R_1$ ) que se afigurou ser negativa em cerca de -0,02 escudos cabo-verdianos. Perante esta situação, nunca seria óptimo realizar o investimento de imediato. Utilizando dados agregados de todos os aeroportos que se encontram sob a gestão da ASA, a receita líquida por passageiro é de 4,31 escudos cabo-verdianos equivalentes à €0,04<sup>3</sup> tal como apresentada no apêndice 5.1.

Quanto à receita líquida anual por passageiro esperada com a expansão ( $R_2$ ), assumimos um valor de €2,00 uma vez que não nos foi disponibilizado qualquer informação sobre esta variável. Dado tratar-se de um pressuposto, faremos uma análise de sensibilidade de modo a analisar o seu impacto no valor do projecto e da opção.

## 5.7 Taxa de crescimento do número de passageiros

Antes de proceder ao cálculo da taxa de crescimento do número de passageiros ( $\alpha$ ) foi necessário retirar o efeito da sazonalidade da série histórica através do modelo das médias móveis utilizado por Marathe e Ryan (2005) uma vez que a evolução do número de passageiros nos aeroportos é altamente incerta e depende de factores sazonais (ver apêndice 5.2). Hylleberg (1992:4) dá a seguinte definição para sazonalidade:

*“Seasonality is the systematic, although not necessarily regular, intra-year movement caused by the changes of the weather, the calendar, and timing of decisions, directly or indirectly through the production and consumption decisions made by the agents of the economy. These decisions are influenced by endowments, the expectations*

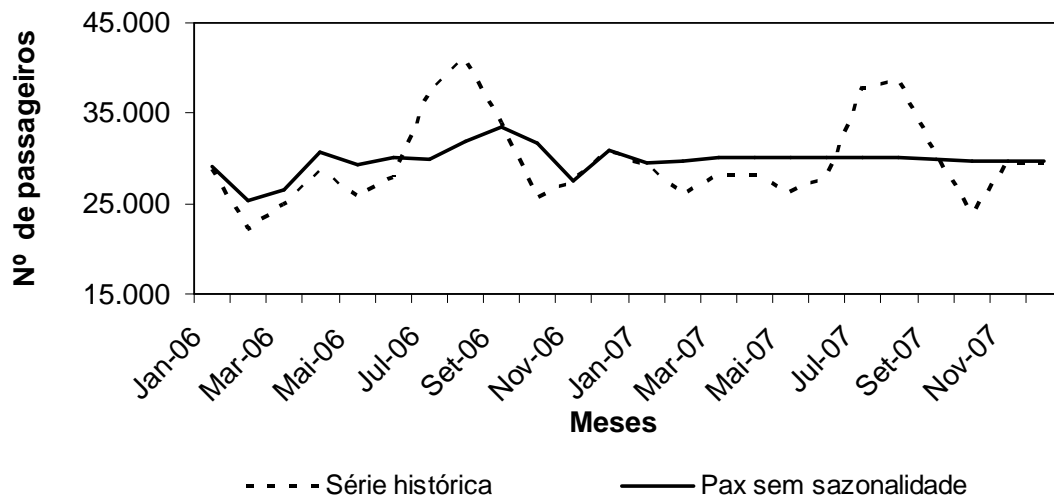
---

<sup>3</sup> €1 equivale a ECV110,265segundo <http://www.bcv.cv/>

*and preferences of the agents, and the production techniques available in the economy.”*

Podemos verificar no gráfico que se segue que a série histórica é mais suave depois da componente sazonal ser retirada.

**Figura 5.1 – Evolução do número de passageiros: Aeroporto Internacional da Praia**



Posteriormente, foi calculada a variação do número de passageiros da seguinte forma:

$$V_{Paxt} = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (5.1)$$

onde  $V_{Paxt}$  representa a variação total do número de passageiros no período  $t$ ,  $P_t$  o número de passageiros registado no período  $t$  e  $P_{t-1}$  o número de passageiros registado no período  $t-1$ .

No apêndice 5.3 são apresentadas algumas estatísticas referentes à variação do número de passageiros no Aeroporto Internacional da Praia. Durante o período em análise, a média anual das variações foi de 0,01.

Apesar do modelo utilizado neste trabalho assumir, implicitamente, que a variação do número de passageiros se encontra distribuída normalmente (ou, pelo menos, segue uma distribuição aproximadamente normal), não se procedeu a qualquer teste de normalidade uma vez que a dimensão da amostra considerada não permite tal procedimento.

## 5.8 Desvio padrão

O desvio padrão ( $\sigma$ ) anual foi determinado da seguinte forma:

$$DP_{Anual} = \sigma \times \sqrt{12} \quad (5.2)$$

Para o período em análise o desvio padrão anual foi de aproximadamente 22% como podemos observar no apêndice 5.3.

## 5.9 Taxa de juro isenta de risco

Para a taxa de juro isenta de risco ( $r$ ) utilizamos como referência a taxa de juro dos Bilhetes de Tesouro de Cabo Verde obtida junto do Banco de Cabo Verde (BCV). Utilizamos a taxa registada em Dezembro de 2007 a 364 dias. Para o período considerado a taxa observada foi de aproximadamente 3,50%<sup>4</sup>.

## 5.10 Rendibilidade do mercado

Para o cálculo da rendibilidade do mercado ( $R_M$ ) foi utilizado como referência o índice *MSCI WORLD EURO*, obtido através da *Morgan Stanley Capital International*, que abarca índices dos seguintes países: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hong Kong, Irlanda, Itália, Japão, Noruega, Nova Zelândia, Portugal, Reino Unido, Singapura,

---

<sup>4</sup> <http://www.bcv.cv/>

Suécia e Suíça<sup>5</sup>. O horizonte temporal considerado está compreendido entre Janeiro de 2004 e Dezembro de 2007.

A rendibilidade do mercado no período  $t$  ( $V_{Mt}$ ) foi calculada utilizando a seguinte expressão:

$$V_{Mt} = \ln \frac{R_{Mt}}{R_{Mt-1}} \quad (5.3)$$

onde,  $R_{Mt}$  representa o retorno registado no período  $t$  e  $R_{Mt-1}$  o retorno registado no período  $t-1$ . Pela observação do resumo das estatísticas da rendibilidade do mercado, apresentada no apêndice 5.4, podemos ver que, em média e para o período em análise, esta apresenta um valor aproximado de 0,11.

A escolha deste índice como *benchmark* deveu-se ao facto de assumirmos que existe no mercado um activo com as mesmas características que a procura do Aeroporto Internacional da Praia.

### 5.11 Taxa de retorno em equilíbrio

A taxa de retorno em equilíbrio ( $\mu$ ) foi determinada através do CAPM uma vez que admitimos que o activo real em causa segue um comportamento semelhante ao de um activo financeiro. Sendo assim temos:

$$\mu = r + \beta \times (R_M - r) \quad (5.4)$$

com  $r$  a taxa de juro isenta de risco,  $\beta$  o risco do mercado e  $R_M$  a taxa de retorno do mercado.

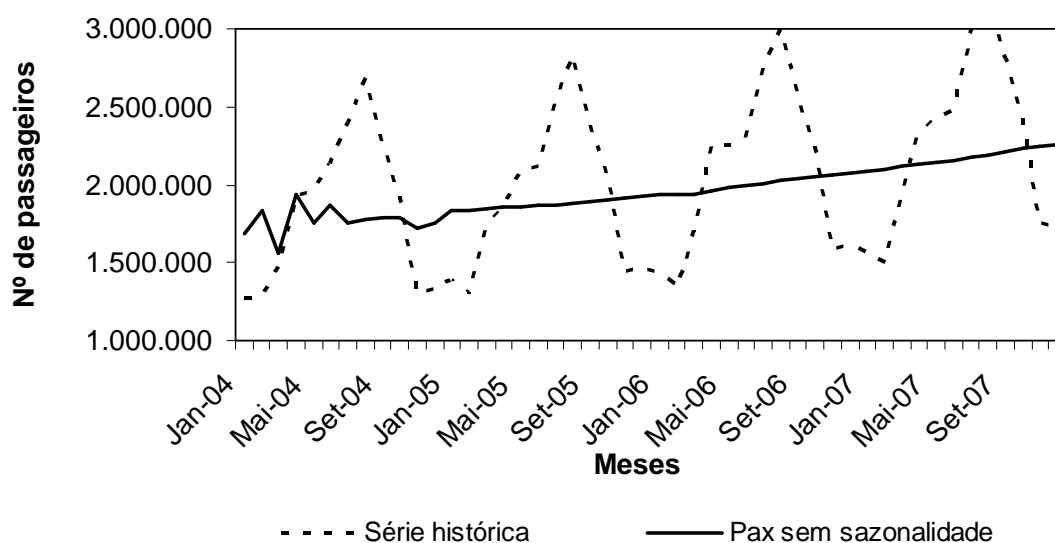
Dado o horizonte temporal ser muito limitado (Janeiro de 2006 a Dezembro de 2007), o que nos permitiu observar um  $\beta$  de -0,56 (ver apêndice 5.3), faremos a mesma análise utilizando os registos de passageiros dos aeroportos geridos pela ANA - Aeroportos de Portugal, S.A. (ANA) durante o período de Janeiro de 2004 a Dezembro de 2007.

---

<sup>5</sup> <http://www.mscibarra.com/>

Assim como para o caso do Aeroporto Internacional da Praia, antes de determinar a variação do número de passageiros registado nos aeroportos da ANA, foi retirada a componente sazonal aplicando o modelo multiplicativo utilizado por Marathe e Ryan (2005) (ver apêndice 5.5). No gráfico que se segue pode-se verificar que, à semelhança do aeroporto em análise, a série histórica apresenta menos oscilações depois da componente sazonal ser retirada.

**Figura 5.2 – Evolução do número de passageiros: ANA**



Posteriormente determinamos um novo  $\beta$  que se afigurou ser de -0,16 (ver apêndice 5.4). Embora o valor observado continua a ser negativo devido ao diminuto horizonte temporal (a base de dados *on-line* do Instituto Nacional de Estatísticas (INE) só continha registos mensais para o período de Janeiro de 2004 a Dezembro de 2007) pensamos ser um resultado válido. No capítulo seguinte faremos uma análise de sensibilidade de modo a averiguar o impacto desta variável na taxa de retorno em equilíbrio, consequentemente no valor do projecto e da opção. Por fim, determinamos a taxa de retorno em equilíbrio que foi de 0,02.

## **5.12 Considerações finais**

Neste capítulo foi apresentada a técnica de recolha e tratamento dos dados que serão utilizados na parte prática deste estudo. Foram também apresentados os dados que serão utilizados na avaliação do projecto.

No capítulo que se segue, vamos proceder à avaliação do projecto com base na metodologia descrita no capítulo 4.

## Apêndices do capítulo 5

### Apêndice 5.1 – Determinação da receita líquida actual por passageiro

Este apêndice mostra a forma como foi determinada a receita líquida por cada passageiro que passou pelo Aeroporto Internacional da Praia.

<b>Receita líquida por passageiro: Dados de 2006</b>		
<b>Descrição</b>	<b>PRAIA</b>	<b>ASA Consolidado</b>
Proveitos*	246.737,860	2.864.371,700
Custos**	293.359,570	1.870.500,330
Resultados antes do imposto	-46.621,710	993.871,370
Impostos	0,000	0,000
Receita líquida	-46.621,710	993.871,370
Amortização***	38.599,030	533.782,040
Fluxo de caixa de exploração	-8.022,680	1.527.653,410
Número de passageiros 2006	354.100,000	354.100,000
Receita por passageiros em escudos cabo-verdianos	-0,023	4,314
Receita por passageiros em euros	0,000	0,039

#### **Notas:**

\* Inclui as taxas de rota, as taxas de tráfego aeroportuário, as taxas não aeronáuticas, as receitas financeiras e outras receitas suplementares;

\*\* Inclui o custo das existências vendidas e consumidas, o fornecimento e serviços de terceiros, os impostos e os custos com o pessoal;

\*\*\* Inclui as amortizações do imobilizado corpóreo e incorpóreo e os custos plurianuais diversos.



## Apêndice 5.2 – Retirada da componente sazonal da série histórica: Aeroporto Internacional da Praia

Este apêndice expõe o processo de retirada da componente sazonal da série histórica do número de passageiros registado no Aeroporto Internacional da Praia através do método das médias móveis (Modelo Multiplicativo) para o período compreendido entre Janeiro de 2006 e Dezembro de 2007 inclusive.

Aeroporto Internacional da Praia							
Data	Nº Passageiros *	MA anual	CMA	St * Et	St		Pax Des
Jan-06	28.639,000					0,984	29.097,166
Fev-06	22.200,000					0,878	25.283,972
Mar-06	24.898,000					0,939	26.506,634
Abr-06	28.513,000					0,932	30.601,872
Mai-06	25.674,000					0,874	29.388,742
Jun-06	27.858,000					0,925	30.114,887
Jul-06	37.365,000					1,252	29.836,980
Ago-06	40.944,000					1,285	31.857,945
Set-06	33.896,000					1,013	33.465,855
Out-06	25.758,000					0,810	31.784,478
Nov-06	27.551,000					0,998	27.600,775
Dez-06	30.804,000	29.508,333				0,997	30.885,433
Jan-07	29.061,000	29.543,500	29.525,917	0,984	0,984	0,984	29.525,917
Fev-07	26.082,000	29.867,000	29.705,250	0,878	0,878	0,878	29.705,250
Mar-07	28.183,000	30.140,750	30.003,875	0,939	0,939	0,939	30.003,875
Abr-07	28.066,000	30.103,500	30.122,125	0,932	0,932	0,932	30.122,125
Mai-07	26.322,000	30.157,500	30.130,500	0,874	0,874	0,874	30.130,500
Jun-07	27.899,000	30.160,917	30.159,208	0,925	0,925	0,925	30.159,208
Jul-07	37.793,000	30.196,583	30.178,750	1,252	1,252	1,252	30.178,750
Ago-07	38.688,000	30.008,583	30.102,583	1,285	1,285	1,285	30.102,583
Set-07	30.240,000	29.703,917	29.856,250	1,013	1,013	1,013	29.856,250
Out-07	24.013,000	29.558,500	29.631,208	0,810	0,810	0,810	29.631,208
Nov-07	29.590,000	29.728,417	29.643,458	0,998	0,998	0,998	29.643,458
Dez-07	29.600,000	29.628,083	29.678,250	0,997	0,997	0,997	29.678,250
<b>Média</b>	<b>29.568,208</b>	<b>29.869,660</b>	<b>29.894,781</b>	<b>0,991</b>	<b>0,991</b>	<b>0,991</b>	<b>29.798,421</b>

## Continuação do apêndice 5.2

**Notas:**

MA anual = *Moving Average* anual;

CMA = *Centered Moving Average*;

$X_t$  = Valor da série histórica em cada período  $t$ ;

$S_t$  = Índice de sazonalidade ( $S_t = 1$  no Modelo Multiplicativo);

$T_t$  = Tendência cíclica;

$E_t$  = Componente irregular;

Pax Des = Número de passageiros sem a componente sazonal;

\* Inclui passageiros embarcados, desembarcados e em trânsito.

**Apêndice 5.3 – Estatísticas relativas à variação do número de passageiros:  
Aeroporto Internacional da Praia**

Este apêndice exibe algumas estatísticas relativas à variação do número de passageiros registado no Aeroporto Internacional da Praia durante o período compreendido entre Janeiro de 2006 e Dezembro de 2007 inclusive.

<b>PRAIA</b>		
<b>Data</b>	<b>Nº Passageiros</b>	<b>Variação</b>
Jan-06	29.097,166	
Fev-06	25.283,972	-0,140
Mar-06	26.506,634	0,047
Abr-06	30.601,872	0,144
Mai-06	29.388,742	-0,040
Jun-06	30.114,887	0,024
Jul-06	29.836,980	-0,009
Ago-06	31.857,945	0,066
Set-06	33.465,855	0,049
Out-06	31.784,478	-0,052
Nov-06	27.600,775	-0,141
Dez-06	30.885,433	0,112
Jan-07	29.525,917	-0,045
Fev-07	29.705,250	0,006
Mar-07	30.003,875	0,010
Abr-07	30.122,125	0,004
Mai-07	30.130,500	0,000
Jun-07	30.159,208	0,001
Jul-07	30.178,750	0,001
Ago-07	30.102,583	-0,003
Set-07	29.856,250	-0,008
Out-07	29.631,208	-0,008
Nov-07	29.643,458	0,000
Dez-07	29.678,250	0,001
<b>Média anual</b>		<b>0,010</b>
<b>Desvio padrão anual</b>		<b>0,221</b>
<b>Correlação: PRAIA vs. MSCI WORLD EURO</b>		<b>-0,241</b>
<b>Beta: PRAIA vs. MSCI WORLD EURO</b>		<b>-0,562</b>

#### Apêndice 5.4 – Estatísticas relativas à variação do mercado: *MSCI WORLD EURO*

Este apêndice mostra algumas estatísticas relativas à variação do mercado, *MSCI WORLD EURO*, para o período compreendido entre Janeiro de 2004 e Dezembro de 2007.

Resumo das estatísticas	
<b>Média anual</b>	0,107
<b>Desvio padrão anual</b>	0,094
<b>Beta: ANA vs. <i>MSCI WORLD EURO</i></b>	-0,161

#### Apêndice 5.5 – Retirada da componente sazonal da série histórica: ANA

Este apêndice mostra o processo de retirada da componente sazonal da série histórica do número de passageiros registado nos aeroportos da ANA através do método das médias móveis (Modelo Multiplicativo) para o período de Janeiro de 2004 a Dezembro de 2007.

ANA, Aeroportos de Portugal							
Data	Nº Passageiros *	MA anual	CMA	St * Et	St		Pax Des
Jan-04	1.274.310,000					0,756	1.684.734,264
Fev-04	1.288.650,000					0,703	1.833.397,655
Mar-04	1.479.699,000					0,945	1.565.298,920
Abr-04	1.931.449,000					0,995	1.940.461,041
Mai-04	1.963.004,000					1,121	1.751.190,582
Jun-04	2.127.611,000					1,141	1.865.348,137
Jul-04	2.390.236,000					1,363	1.753.186,018
Ago-04	2.678.258,000					1,505	1.779.030,026
Set-04	2.254.857,000					1,258	1.792.520,229
Out-04	1.917.643,000					1,074	1.786.272,406
Nov-04	1.300.126,000					0,756	1.720.681,615
Dez-04	1.332.053,000	1.828.158,000				0,760	1.752.453,535
Jan-05	1.386.324,000	1.837.492,500	1.832.825,250	0,756	0,756	0,756	1.832.825,250
Fev-05	1.291.615,000	1.837.739,583	1.837.616,042	0,703	0,703	0,703	1.837.616,042
Mar-05	1.747.801,000	1.860.081,417	1.848.910,500	0,945	0,945	0,945	1.848.910,500
Abr-05	1.847.981,000	1.853.125,750	1.856.603,583	0,995	0,995	0,995	1.856.603,583
Mai-05	2.082.867,000	1.863.114,333	1.858.120,042	1,121	1,121	1,121	1.858.120,042

Continuação do apêndice 5.5

<b>ANA, Aeroportos de Portugal</b>							
<b>Data</b>	<b>Nº Passageiros *</b>	<b>MA anual</b>	<b>CMA</b>	<b>St * Et</b>	<b>St</b>		<b>Pax Des</b>
Jun-05	2.124.936,000	1.862.891,417	1.863.002,875	1,141	1,141	1,141	1.863.002,875
Jul-05	2.548.813,000	1.876.106,167	1.869.498,792	1,363	1,363	1,363	1.869.498,792
Ago-05	2.834.183,000	1.889.099,917	1.882.603,042	1,505	1,505	1,505	1.882.603,042
Set-05	2.383.067,000	1.899.784,083	1.894.442,000	1,258	1,258	1,258	1.894.442,000
Out-05	2.045.209,000	1.910.414,583	1.905.099,333	1,074	1,074	1,074	1.905.099,333
Nov-05	1.448.146,000	1.922.749,583	1.916.582,083	0,756	0,756	0,756	1.916.582,083
Dez-05	1.465.730,000	1.933.889,333	1.928.319,458	0,760	0,760	0,760	1.928.319,458
Jan-06	1.429.490,000	1.937.486,500	1.935.687,917	0,738	0,738	0,738	1.935.687,917
Fev-06	1.343.696,000	1.941.826,583	1.939.656,542	0,693	0,693	0,693	1.939.656,542
Mar-06	1.694.132,000	1.937.354,167	1.939.590,375	0,873	0,873	0,873	1.939.590,375
Abr-06	2.256.736,000	1.971.417,083	1.954.385,625	1,155	1,155	1,155	1.954.385,625
Mai-06	2.261.525,000	1.986.305,250	1.978.861,167	1,143	1,143	1,143	1.978.861,167
Jun-06	2.300.729,000	2.000.954,667	1.993.629,958	1,154	1,154	1,154	1.993.629,958
Jul-06	2.759.478,000	2.018.510,083	2.009.732,375	1,373	1,373	1,373	2.009.732,375
Ago-06	3.004.747,000	2.032.723,750	2.025.616,917	1,483	1,483	1,483	2.025.616,917
Set-06	2.526.477,000	2.044.674,583	2.038.699,167	1,239	1,239	1,239	2.038.699,167
Out-06	2.236.980,000	2.060.655,500	2.052.665,042	1,090	1,090	1,090	2.052.665,042
Nov-06	1.577.404,000	2.071.427,000	2.066.041,250	0,763	0,763	0,763	2.066.041,250
Dez-06	1.615.630,000	2.083.918,667	2.077.672,833	0,778	0,778	0,778	2.077.672,833
Jan-07	1.569.043,000	2.095.548,083	2.089.733,375	0,751	0,751	0,751	2.089.733,375
Fev-07	1.498.850,000	2.108.477,583	2.102.012,833	0,713	0,713	0,713	2.102.012,833
Mar-07	1.958.192,000	2.130.482,583	2.119.480,083	0,924	0,924	0,924	2.119.480,083
Abr-07	2.325.348,000	2.136.200,250	2.133.341,417	1,090	1,090	1,090	2.133.341,417
Mai-07	2.413.287,000	2.148.847,083	2.142.523,667	1,126	1,126	1,126	2.142.523,667
Jun-07	2.483.028,000	2.164.038,667	2.156.442,875	1,151	1,151	1,151	2.156.442,875
Jul-07	3.000.992,000	2.184.164,833	2.174.101,750	1,380	1,380	1,380	2.174.101,750
Ago-07	3.227.008,000	2.202.686,583	2.193.425,708	1,471	1,471	1,471	2.193.425,708
Set-07	2.803.812,000	2.225.797,833	2.214.242,208	1,266	1,266	1,266	2.214.242,208
Out-07	2.412.263,000	2.240.404,750	2.233.101,292	1,080	1,080	1,080	2.233.101,292
Nov-07	1.754.054,000	2.255.125,583	2.247.765,167	0,780	0,780	0,780	2.247.765,167
Dez-07	1.730.737,000	2.264.717,833	2.259.921,708	0,766	0,766	0,766	2.259.921,708
<b>Média</b>	<b>2.027.670,958</b>	<b>2.016.713,302</b>	<b>2.015.887,618</b>	<b>1,038</b>	<b>1,038</b>	<b>1,036</b>	<b>1.954.094,347</b>

## Continuação do apêndice 5.5

**Notas:**

MA anual = *Moving Average* anual;

CMA = *Centered Moving Average*;

$X_t$  = Valor da série histórica em cada período  $t$ ;

$S_t$  = Índice de sazonalidade ( $S_t = 1$  no Modelo Multiplicativo);

$T_t$  = Tendência cíclica;

$E_t$  = Componente irregular;

Pax Des = Número de passageiros sem a componente sazonal;

\* Inclui passageiros embarcados, desembarcados e em trânsito.

## Capítulo 6

### Apresentação e discussão dos resultados

#### 6.1 Introdução

A primeira parte deste capítulo dedica-se à apresentação dos resultados respeitantes à avaliação do projecto considerando apenas os dados iniciais. Numa segunda parte será discutido e analisado o impacto de algumas variáveis no valor do projecto, no número de passageiros para o qual é óptimo investir e no valor da opção.

Exemplos de partes da ferramenta desenvolvida consideradas importantes encontram-se apresentados nos apêndices.

#### 6.2 Avaliação do projecto

##### 6.2.1 O valor do projecto

Desde logo, este trabalho revestiu-se de algumas dificuldades, não só pela complexidade da própria metodologia adoptada mas, sobretudo, pelos obstáculos que foram surgindo e que em muito dificultaram a aplicação do modelo. Foi, por isso, necessário assumir pressupostos quanto ao valor de determinadas variáveis.

Para determinar o valor do projecto e o valor da opção de expansão, reflectida pelas flexibilidades que lhes estão associadas, utilizamos o modelo apresentado no capítulo 4. Os *inputs* utilizados na aplicação do modelo foram descritos no capítulo anterior e estão apresentados na tabela que se segue.

**Tabela 6.1 – Inputs para a aplicação do modelo**

<b>Inputs para o modelo (milhões)</b>	
$P$	0,36
$K$	€25,00
$C_1$	0,50
$C_2$	1,50
$R_1$	€0,04
$R_2$	€2,00
$\alpha$	0,010
$\sigma$	0,221
$\mu$	0,023
$\delta$	0,013
$r$	0,035

Tal como preconizado pelo modelo, foi necessário proceder à determinação dos coeficientes  $\beta_1$  e  $\beta_2$  e das constantes  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $E_1$  e  $E_2$  cujos valores podemos observar na tabela 6.2.

**Tabela 6.2 – Os coeficientes e as constantes**

<b>Coeficientes</b>	
$\beta_1$	1,248
$\beta_2$	-1,153

<b>Constantes</b>	
$A_1$	-2,570
$A_2$	-100,043
$E_1$	-0,061
$E_2$	-33,022

Posteriormente, procedemos ao cálculo do valor do projecto para a procura actual, que se revelou ser cerca de €0,36 milhões e €22,23 milhões antes e depois da expansão respectivamente conforme apresentado na tabela 6.3.

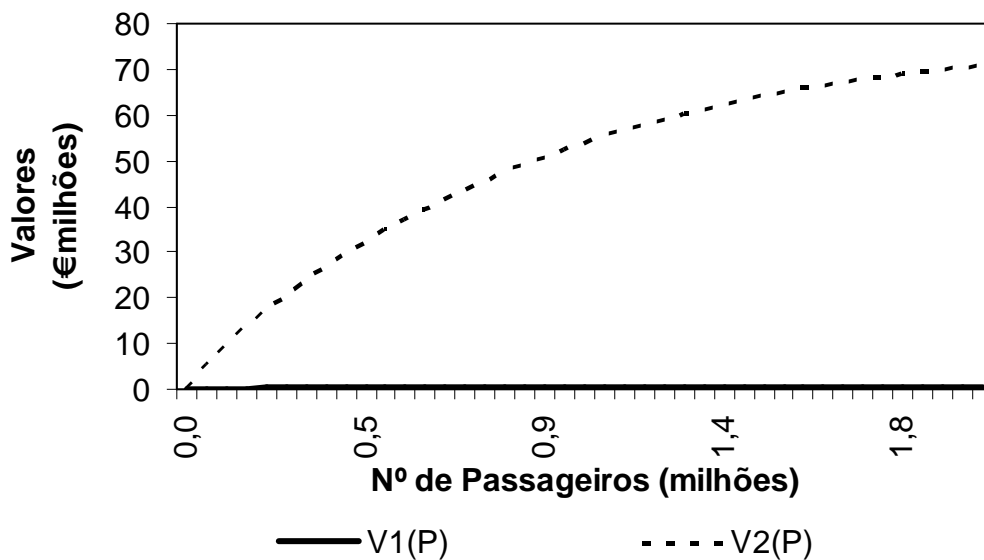


**Tabela 6.3 – O valor do projecto**

Valor do projecto (milhões)	
$V_1(P)$	€0,364
$V_2(P)$	€27,225

O gráfico que se segue mostra o valor do projecto antes e depois da expansão.  $V_1(P)$ , contrariamente ao que parece, não é constante. Ele cresce a um ritmo lento, em função de  $P$ . Tal resulta do facto da receita actual líquida por passageiro ser quase nula.

**Figura 6.1 – O valor do projecto**



### 6.2.2 O valor da opção de investimento

A determinação do valor da opção de investimento em causa é feita como se se tratasse de uma opção de compra perpétua sob um activo que paga dividendos, onde  $P$  é o preço do activo subjacente,  $\delta$  é a taxa de dividendos proporcional ao  $P$  e  $K$  o preço de exercício da opção. Sendo assim, e depois do cálculo do valor do projecto, procedemos à determinação do número de passageiros para o qual é óptimo realizar o investimento.

Tal como preconizado pelo modelo determinamos os  $P^*$  nos três intervalos possíveis e escolhemos aquele que respeita a respectiva condição. Na tabela 6.4 pode-se conferir que o  $P^*$  que satisfaz a condição é de 0,83 milhões de passageiros (compreendido entre  $C_1$  e  $C_2$  de 0,5 e 1,5 milhões de passageiros respectivamente) o que mostra que o investimento deve ser adiado até que seja óptimo realizá-lo. Contudo, se o objectivo da empresa gestora dos aeroportos de Cabo Verde for realizar o investimento de expansão imediatamente e de forma óptima a atribuição de incentivos, por parte do Governo ou pelas entidades privadas, seria necessária.

**Tabela 6.4 – A procura crítica**

Procura crítica ( $P^*$ ) (milhões)		
Caso 1	Caso 2	Caso 3
$P^* < C_1 < C_2$	$C_1 \leq P^* < C_2$	$C_1 < C_2 \leq P^*$
0,833	0,830	1,047

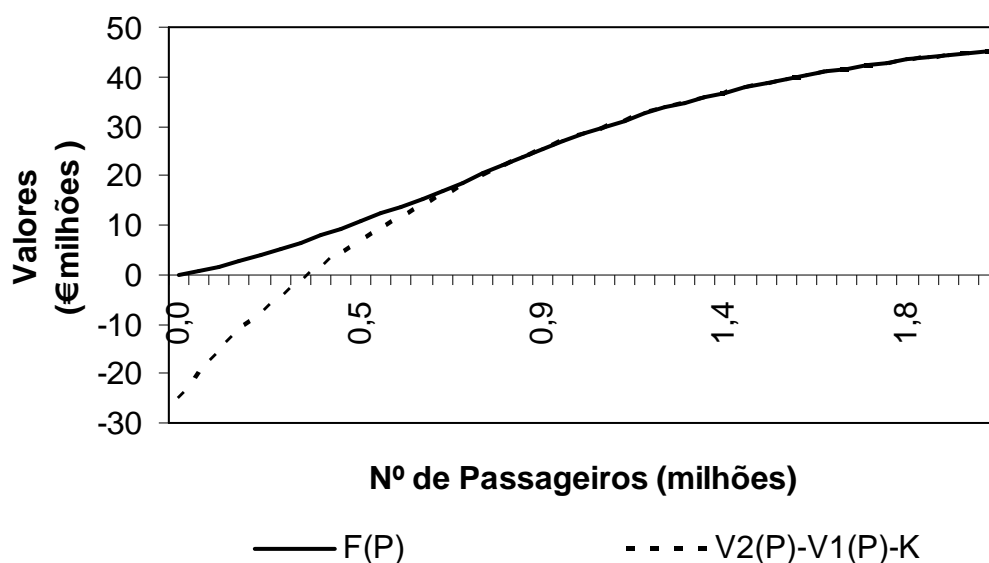
De seguida, determinamos o valor da opção de investimento que revelou ser aproximadamente €8 milhões o que é mais uma evidência de que a opção de expansão tem, de facto, valor (ver tabela 6.5).

**Tabela 6.5 – O valor da opção**

Valor da opção (milhões)	
$F(P)$	€8,003
$H_1$	29,092
$P^*$	0,830

A relação entre o valor actual líquido do projecto e o valor da opção é apresentada na figura que se segue onde, o ponto de tangência entre  $F(P)$  e  $V_2(P) - V_1(P) - K$  representa o  $P^*$ . Isto mostra que as condições de continuidade e contacto suave (*value-matching* e *smooth-pasting conditions*), estabelecidas no capítulo 4 foram satisfeitas.

**Figura 6.2 – Relação entre o valor do projecto e o valor da opção**



### 6.3 Análise de sensibilidade

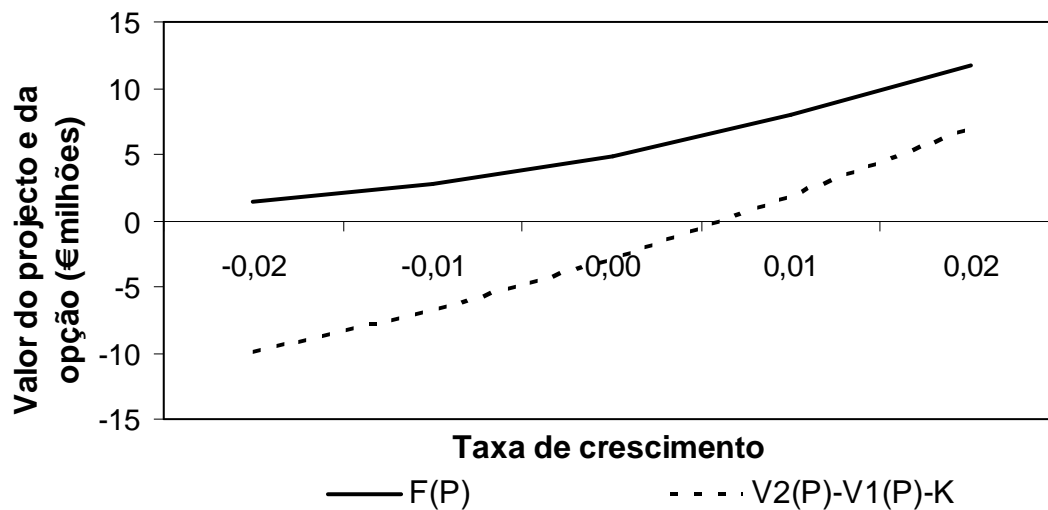
Tal como referido no ponto 1.3, uma das principais limitações deste estudo tem que ver com a disponibilidade dos dados o que nos impediu de fazer previsões adequadas quanto à evolução de determinadas variáveis. Por essa razão e pelo facto do valor de uma opção ser influenciado por variáveis distintas, achamos por bem efectuar uma análise de sensibilidade de forma a verificar o impacto de tais variáveis no valor do projecto, na procura crítica para o investimento óptimo e no valor da opção. O objectivo principal desta análise é comparar os diferentes valores das opções, resultantes da manipulação de uma determinada variável assumindo que as restantes variáveis se mantêm constantes.

#### 6.3.1 Impacto da taxa de crescimento do número de passageiros

Primeiramente analisamos o impacto da taxa de crescimento do número de passageiros ( $\alpha$ ) no valor do projecto, no  $P^*$  e no valor da opção (ver apêndice 6.1)

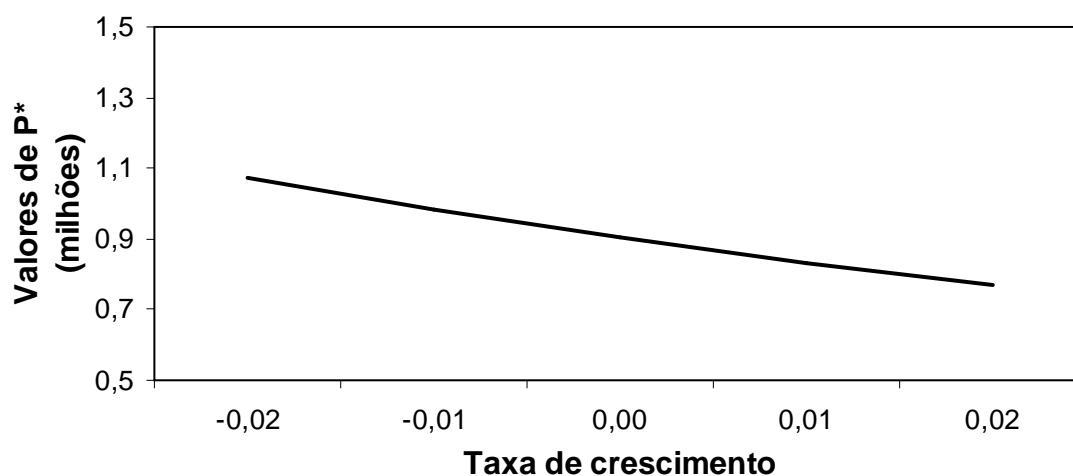
admitindo, que as restantes variáveis se mantêm constantes à excepção de  $\delta$  que pelo modelo é dado pela diferença entre a taxa de retorno em equilíbrio ( $\mu$ ) e a taxa de crescimento do número de passageiros. Desta análise verificamos que um aumento da taxa de crescimento do número de passageiros, tal como seria de esperar, aumenta o valor do projecto e o valor da opção como se pode verificar na figura 6.3. Contudo, à medida que a taxa de crescimento do número de passageiros aumenta,  $\delta$  diminui se a taxa de retorno em equilíbrio for fixa.

**Figura 6.3 – Impacto da taxa de crescimento do número de passageiros no  $F(P)$  e  $V_2(P) - V_1(P) - K$**



Quanto ao impacto no  $P^*$  verificamos que, tal como seria de esperar, à medida que aumenta a taxa de crescimento do número de passageiros diminui o número de passageiro para o qual é óptimo realizar o investimento (ver figura 6.4).

**Figura 6.4 – Impacto da taxa de crescimento do número de passageiros no  $P^*$**

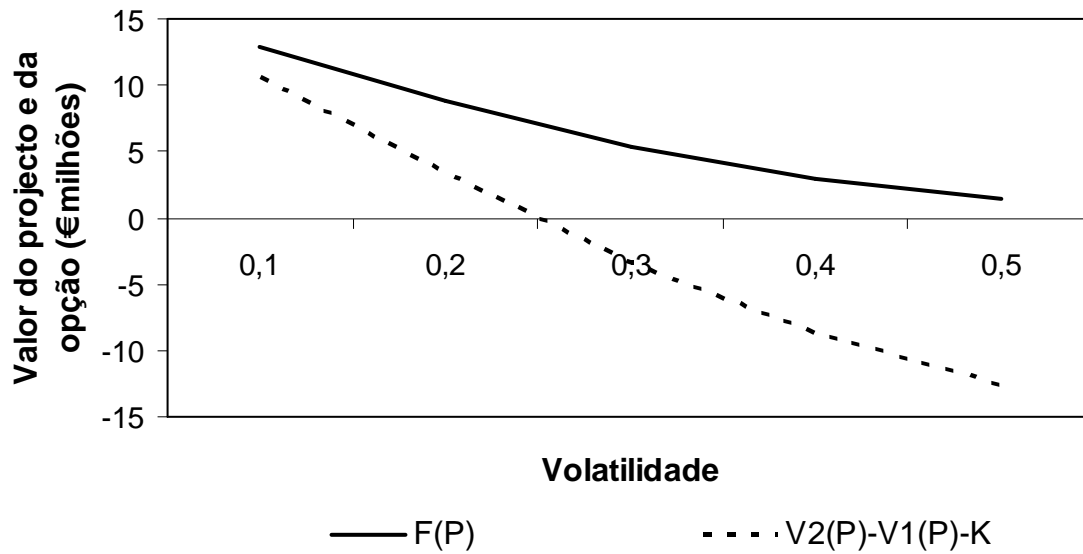


Contudo, se admitirmos que a taxa de retorno em equilíbrio cresce na mesma proporção que a taxa de crescimento esperada do número de passageiros, mantendo  $\delta$  constante, não haverá qualquer impacto quer no valor do projecto quer no valor da opção. Isto quer dizer que, uma variação na taxa de crescimento do número de passageiros sem o respectivo impacto no  $\delta$  não influencia nem o valor do projecto, nem o valor da opção.

### **6.3.2 Impacto da volatilidade**

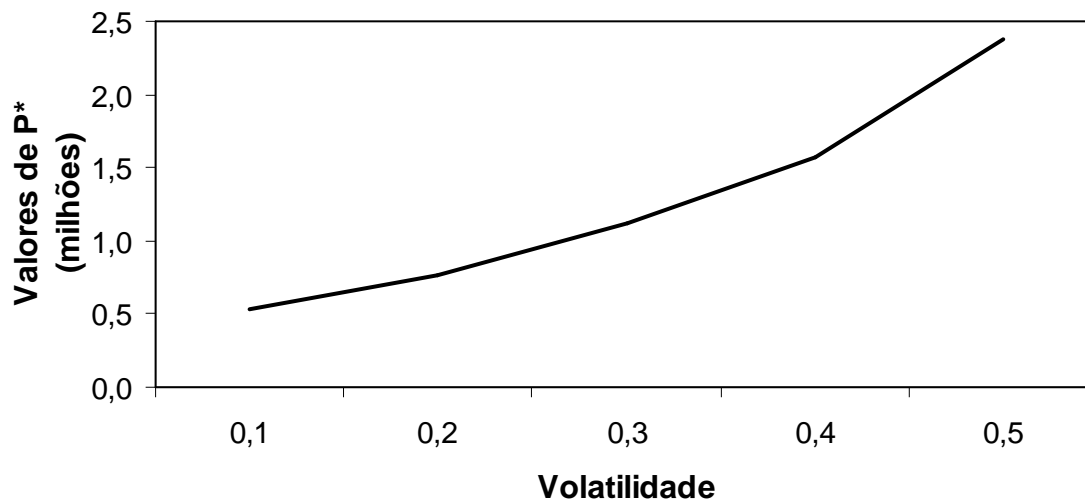
Debruçamo-nos também sobre a análise do impacto da volatilidade ( $\sigma$ ) no valor da opção (ver apêndice 6.2). Ao contrário do que é comum, verificamos que um aumento da volatilidade do projecto implica não só um decréscimo do valor do projecto como também do valor da opção de investimento (ver figura 6.5). Tal resulta do facto de admitirmos que a procura cresce, com a incerteza, até a capacidade máxima instalada a partir do qual se justifica um novo investimento de expansão ou a construção de um novo aeroporto.

**Figura 6.5 – Impacto da volatilidade no  $F(P)$  e  $V_2(P) - V_1(P) - K$**



Relativamente ao impacto desta variável no  $P^*$ , é de notar que à medida que aumenta a volatilidade, o  $P^*$  aumenta nitidamente. Tal facto pode ser certificada na figura apresentada já a seguir. Dixit e Pindyck (1994) chegaram à mesma conclusão e alegam que este aumento irá diminuir o valor do investimento.

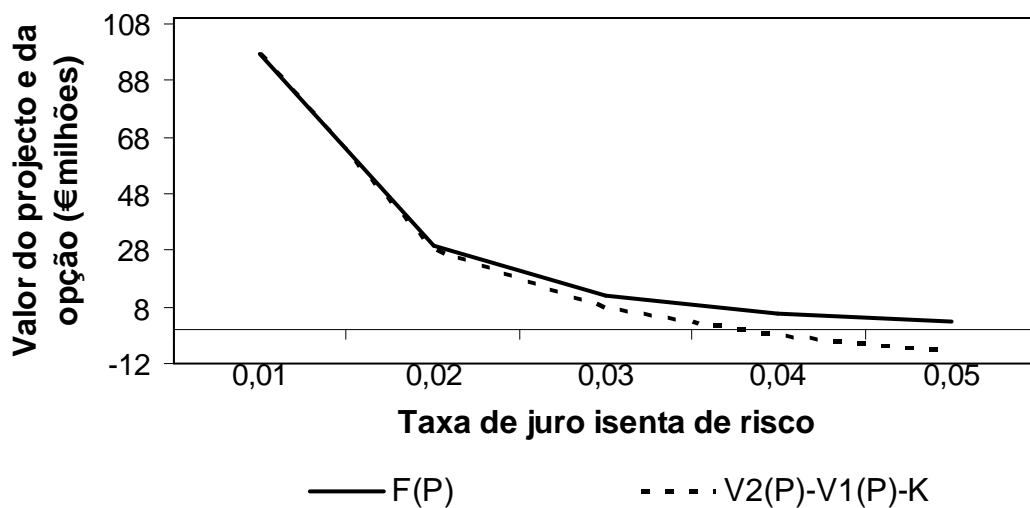
**Figura 6.6 – Impacto da volatilidade no  $P^*$**



### 6.3.3 Impacto da taxa de juro isenta de risco

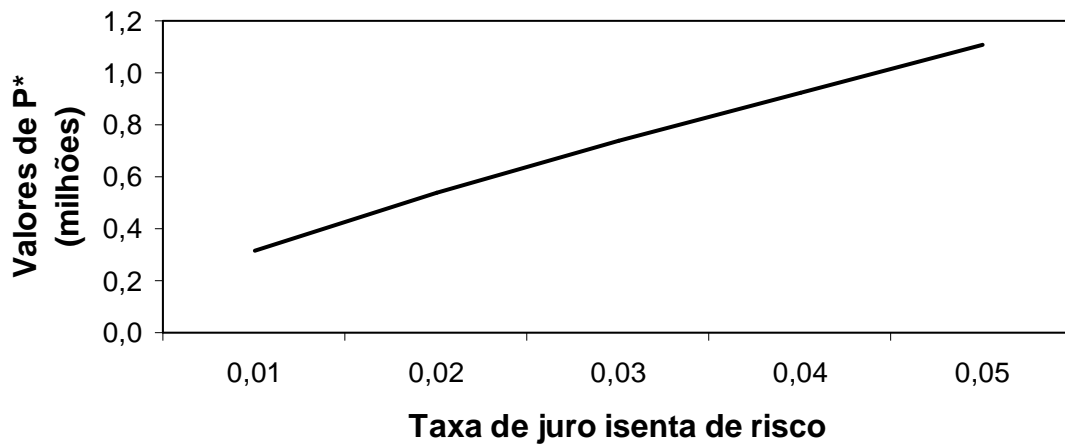
Outra variável analisada é a taxa de juro isenta de risco (ver apêndice 6.3). Observamos que um aumento desta taxa implica um decréscimo no valor do projecto e da opção (ver figura 6.7). Sabendo que a taxa de juro isenta de risco influencia a taxa de retorno em equilíbrio, que por sua vez influencia  $\delta$ , se a taxa de crescimento do número de passageiros se mantiver constante, podemos concluir que o valor do projecto e o valor da opção diminuem com o aumento da taxa de retorno em equilíbrio e com  $\delta$ .

**Figura 6.7 – Impacto da taxa de juro isenta de risco no  $F(P)$  e  $V_2(P) - V_1(P) - K$**



Entretanto, à medida que aumenta a taxa de juro isenta de risco aumenta também o número de passageiros para o qual é óptimo investir (ver figura 6.8).

**Figura 6.8 – Impacto da taxa de juro isenta de risco no  $P^*$**

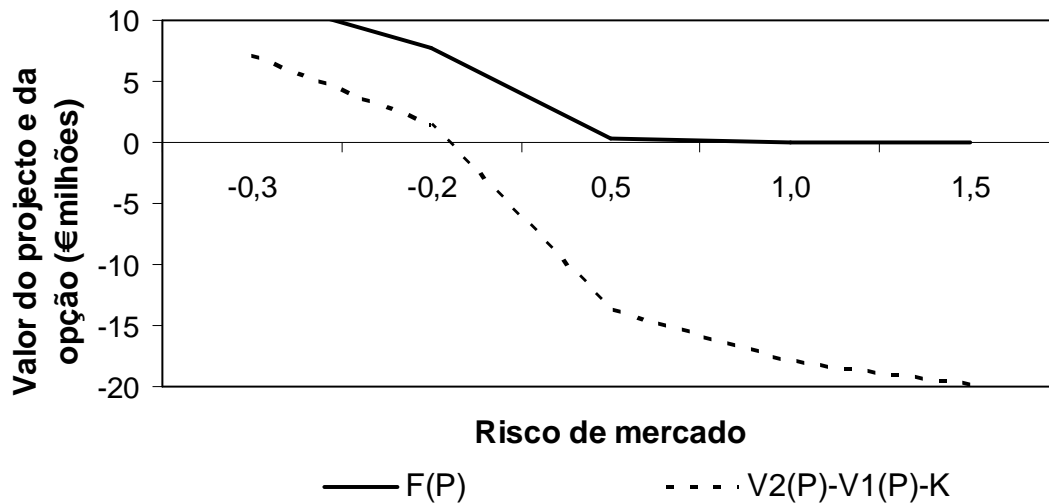


#### **6.3.4 Impacto do risco do mercado**

Uma análise ao impacto do risco do mercado ( $\beta$ ) (ver apêndice 6.4) permitiu-nos observar que um aumento desta variável implica uma diminuição do valor do projecto e da opção. Como a taxa de retorno em equilíbrio e consequentemente  $\delta$ , se a taxa de crescimento do número de passageiros for constante, aumentam com o aumento do  $\beta$  podemos concluir que o impacto no valor do projecto e da opção é, sensivelmente, o mesmo.

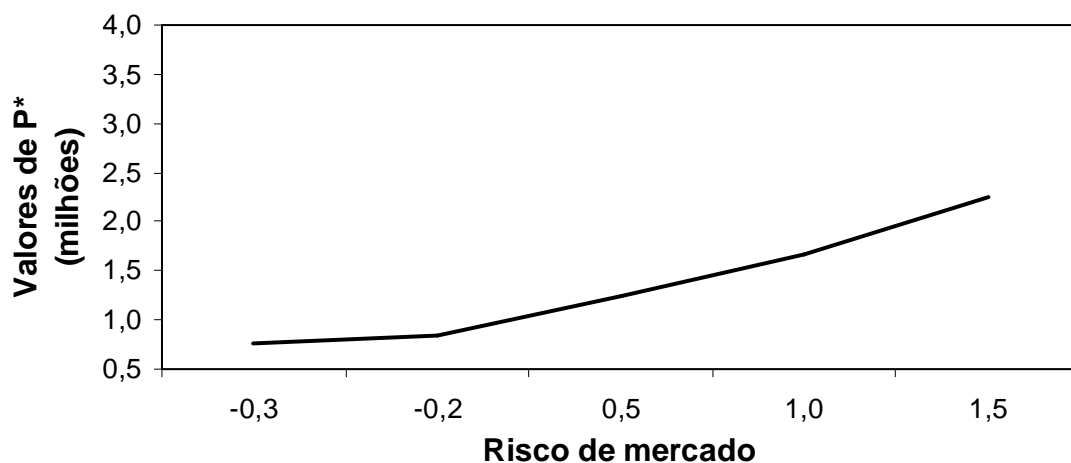


**Figura 6.9 – Impacto do risco do mercado no  $F(P)$  e  $V_2(P) - V_1(P) - K$**



Observamos, ainda, que o  $P^*$  aumenta à medida que o risco do mercado aumenta. Mais uma vez, um aumento da taxa de retorno em equilíbrio e consequentemente do  $\delta$ , se a taxa de crescimento do número de passageiros for constante, em função de um aumento do  $\beta$  implica um aumento da procura crítica (ver figura 6.10).

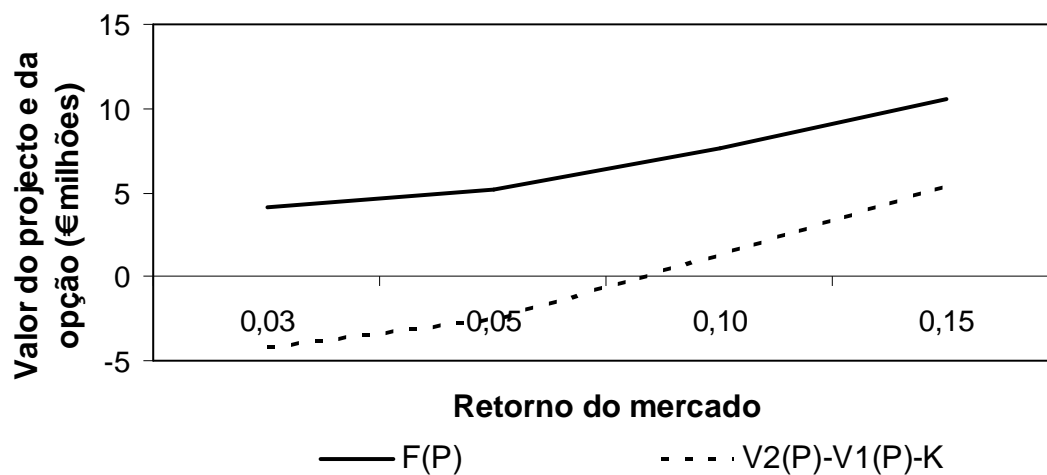
**Figura 6.10 – Impacto do risco do mercado no  $P^*$**



### 6.3.5 Impacto da taxa de retorno do mercado

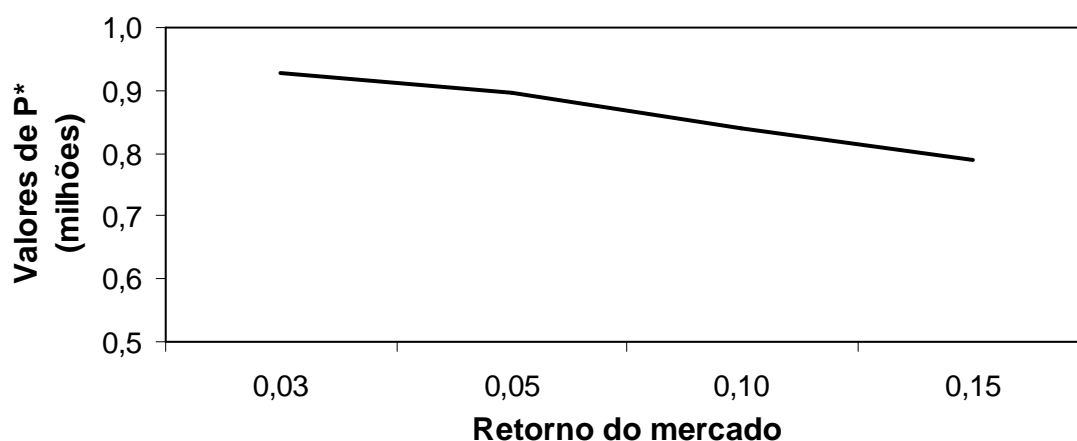
Sabendo que uma variação na taxa de rendibilidade do mercado ( $R_M$ ) influencia a taxa de retorno em equilíbrio que por sua vez influencia  $\delta$ , se a taxa de crescimento do número de passageiros for constante, procedemos à análise do impacto desta variável não só no valor do projecto como também na procura crítica e no valor da opção de investimento (ver apêndice 6.5). Os resultados da análise de sensibilidade evidenciam que à medida que aumenta a taxa de retorno do mercado, diminuindo assim  $\mu$  e  $\delta$ , aumenta quer o valor do projecto quer o valor da opção (ver figura 6.11).

Figura 6.11 – Impacto da taxa de retorno do mercado no  $F(P)$  e  $V_2(P) - V_1(P) - K$



No que se refere ao  $P^*$ , os resultados da análise de sensibilidade evidenciam que este diminui à medida que  $R_M$  aumenta (ver figura 6.12).

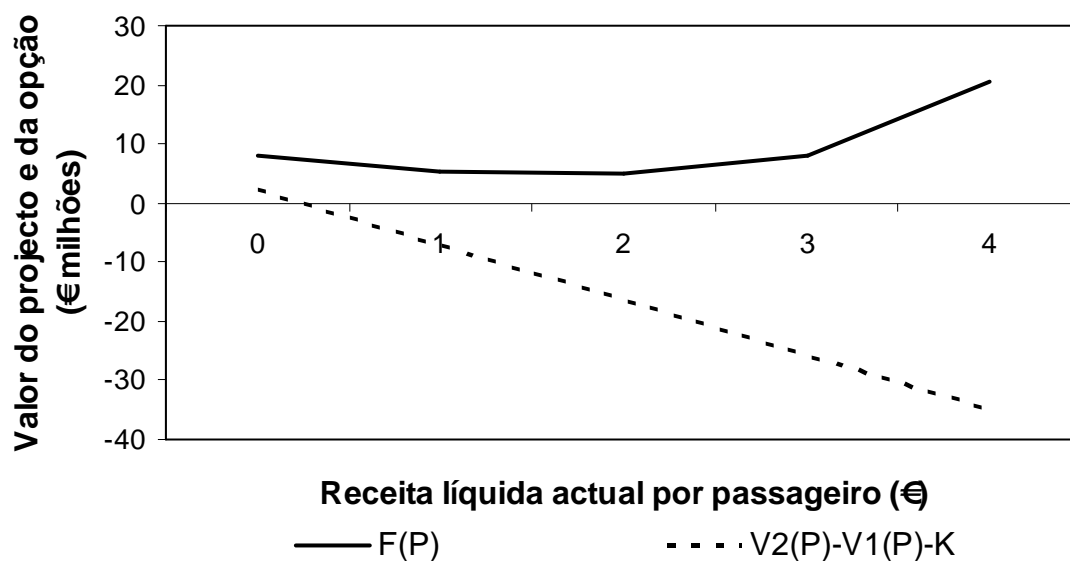
**Figura 6.12 – Impacto da taxa de retorno do mercado no  $P^*$**



### **6.3.6 Impacto da receita líquida actual por passageiro**

A análise de sensibilidade à receita líquida actual por passageiro ( $R_1$ ), mantendo os restantes *inputs* para a aplicação do modelo constantes (ver apêndice 6.6), permitiu-nos verificar que o valor do projecto depois do investimento de expansão ( $V_2(P)$ ) mantém-se fixo enquanto o seu valor antes da expansão ( $V_1(P)$ ) cresce. Isto faz com que o valor líquido do projecto,  $(V_2(P) - V_1(P) - K)$ , diminua à medida que  $R_1$  aumenta tal como apresentado no gráfico que se segue.

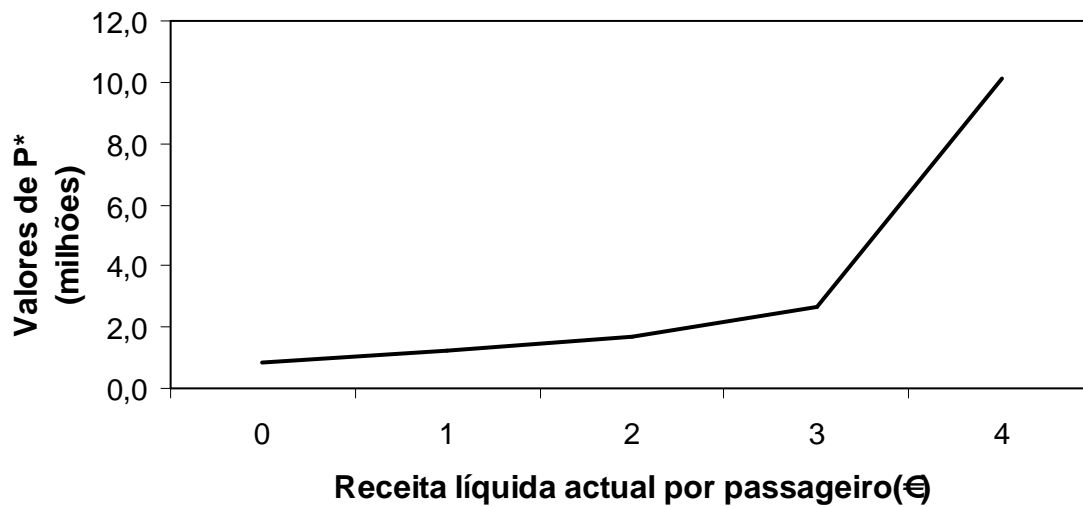
**Figura 6.13 – Impacto da receita líquida actual por passageiro no  $F(P)$  e  $V_2(P) - V_1(P) - K$**



Obviamente, um investimento de expansão não se justificaria se a receita líquida actual por passageiro for superior àquela esperada com a expansão (i.e.,  $R_1 > R_2$ ). Na figura anterior nota-se que  $F(P)$  decresce com o aumento de  $R_1$  apenas quando este for inferior a  $R_2$ .

Verificamos, ainda, que o número de passageiros para o qual é óptimo realizar o investimento cresce com o crescimento de  $R_1$  tal como representada na figura 6.14.

**Figura 6.14 – Impacto da receita líquida actual por passageiro no  $P^*$**

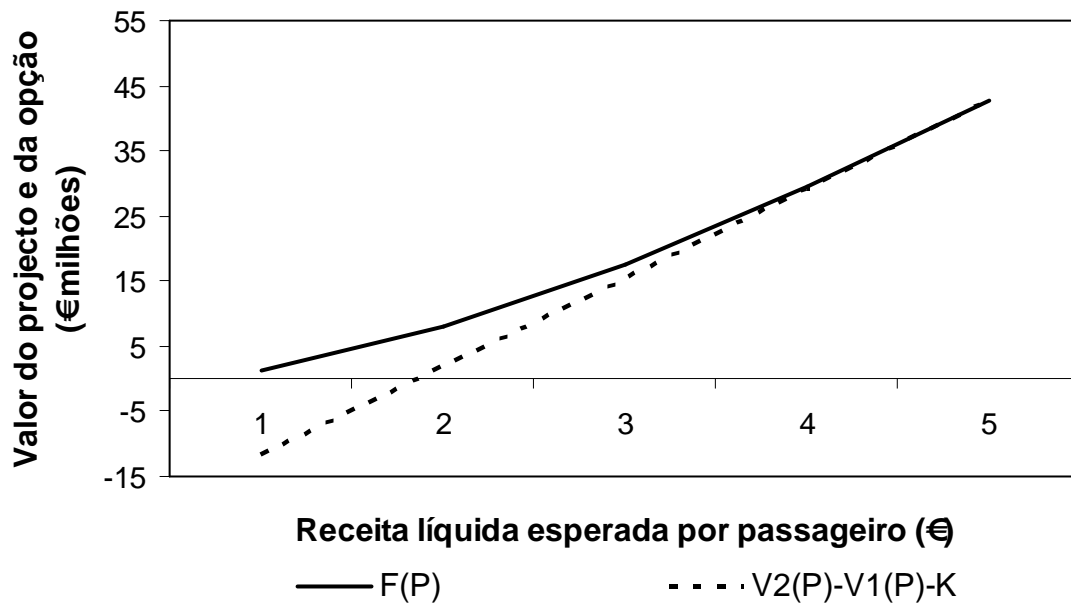


Mais uma vez, para  $R_1 > R_2$  nunca seria óptimo expandir o aeroporto.

### **6.3.7 Impacto da receita líquida esperada por passageiro**

Ao efectuar uma análise ao impacto da receita líquida esperada por passageiro ( $R_2$ ), mantendo os restantes *inputs* inalterados (ver apêndice 6.7), verificamos que contrariamente a  $R_1$  um aumento de  $R_2$  tem um impacto positivo no valor líquido do projecto (ver figura 6.15). Quanto ao valor da opção de investimento verificamos que o impacto é o mesmo. Ou seja, à medida que  $R_2$  aumenta  $F(P)$  também aumenta (ver figura 6.15).

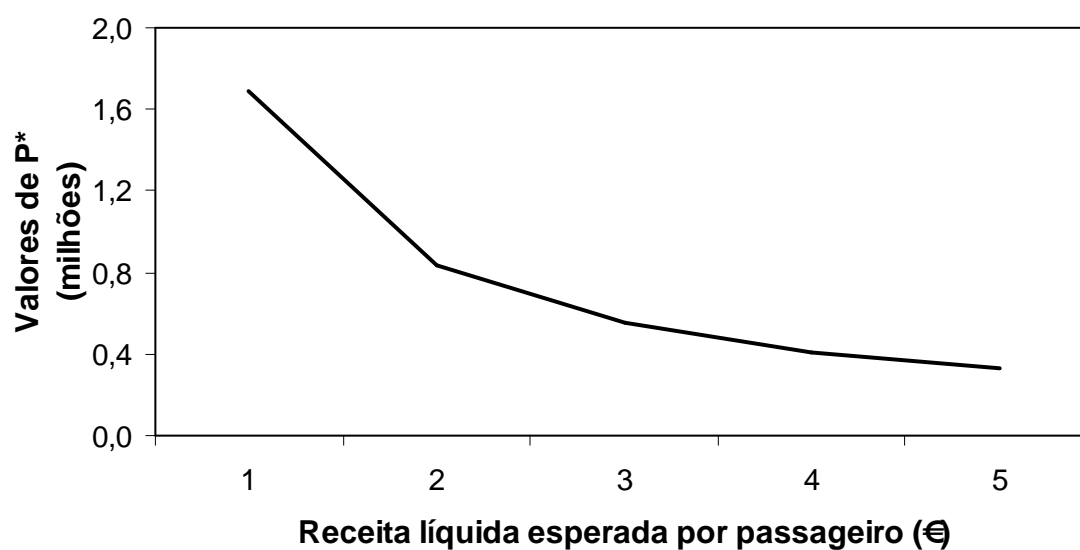
**Figura 6.15 – Impacto da receita líquida esperada por passageiro no  $F(P)$  e  $V_2(P) - V_1(P) - K$**



Naturalmente, para  $R_2 > R_1$  é aconselhável realizar o investimento de imediato. Contudo na situação inversa nunca seria óptimo realizar o investimento de expansão a não ser que exista um incentivo em termos de subsídio por passageiro.

O número de passageiros que justifica um investimento óptimo diminui à medida que  $R_2$  aumenta, tal como seria de esperar. Esta constatação pode ser observada na figura seguinte.

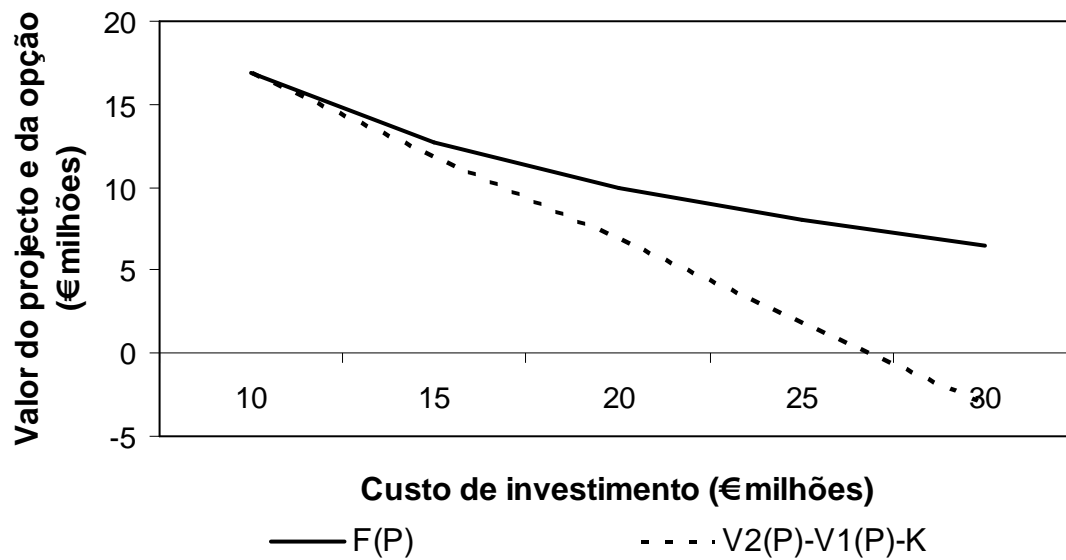
**Figura 6.16 – Impacto da receita líquida esperada por passageiro no  $P^*$**



### **6.3.8 Impacto do custo do investimento**

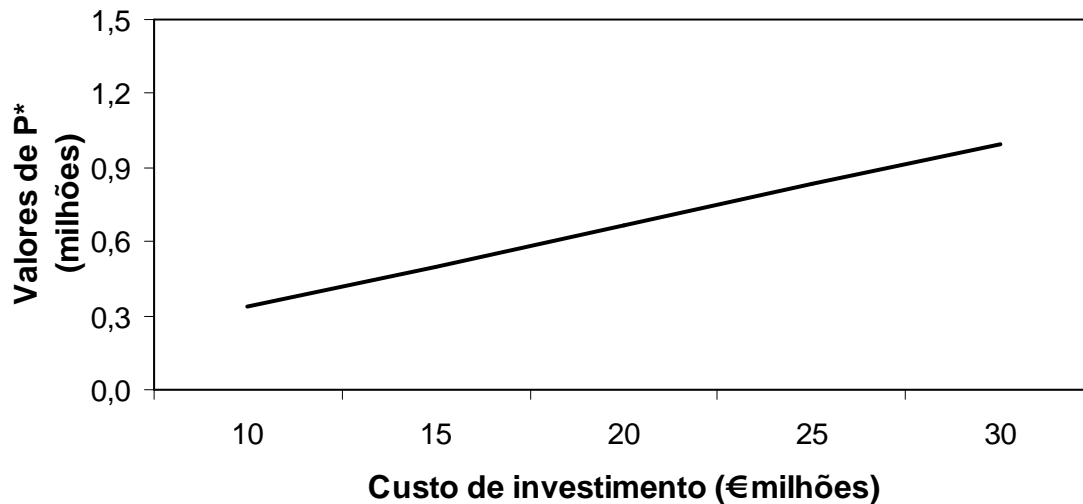
Finalmente efectuamos uma análise de sensibilidade ao custo do investimento ( $K$ ) (ver apêndice 6.8). Observamos que este não tem qualquer impacto no valor do projecto, o que faz com que o valor líquido do projecto e o valor da opção decrescem à medida que  $K$  aumenta (ver figura 6.17).

**Figura 6.17 – Impacto do custo do investimento no  $F(P)$  e  $V_2(P) - V_1(P) - K$**



Já, o  $P^*$  aumenta com um aumento do custo do investimento. Graficamente temos:

**Figura 6.18 – Impacto do custo do investimento no  $P^*$**



Na prática, o aumento da procura crítica com o aumento do custo do investimento pode ser atenuado através da atribuição de um subsídio de investimento. Este procedimento para além de diminuir a procura crítica torna o investimento de expansão ótimo.



### 6.3.9 Resumo dos resultados da análise de sensibilidade

A tabela que se segue mostra de forma resumida o impacto de cada uma das variáveis analisadas no valor do projecto, no  $P^*$  e no valor da opção. Nesta tabela é possível observar que um aumento da taxa de crescimento do número de passageiros, da taxa de retorno do mercado e da receita líquida esperada por passageiro faz aumentar o valor líquido da opção e diminuir o  $P^*$ .

Quanto ao valor da opção de investimento de expansão, este cresce com o aumento da taxa de crescimento do número de passageiros, da taxa de retorno do mercado e, da receita líquida actual e esperada por passageiro.

**Tabela 6.6 – Resumo dos resultados da análise de sensibilidade**

<b>Aumento nas variáveis</b>	$V_1(P)$	$V_2(P)$	$P^*$	$F(P)$	$V_2(P) - V_1(P) - K$
$\alpha$	+	+	-	+	+
$\sigma$	-	-	+	-	-
$r$	-	-	+	-	-
$\beta$	-	-	+	-	-
$R_M$	+	+	-	+	+
$R_1$	+	=	+	+	-
$R_2$	=	+	-	+	+
$K$	=	=	+	-	-

### 6.4 Considerações finais

Os resultados obtidos neste capítulo mostram que, a incorporação de opções reais na avaliação de projectos de investimento cria, de facto, valor que pela avaliação tradicional seria impossível. Para o caso base, o valor do projecto foi de €0,36 milhões e €27,23 milhões antes e depois da expansão respectivamente e o valor da opção de investimento foi cerca de €8 milhões. Todavia, o momento óptimo para realizar o investimento seria para um  $P^*$  de 0,83 milhões o que mostra que o investimento deve

ser adiado visto que  $P$ , em 2007, é de 0,36 milhões. Foi analisada, ainda, o impacto das deferentes variáveis no valor do projecto, no  $P^*$  e no valor da opção.

## Apêndices do capítulo 6

### Apêndice 6.1 – Impacto da taxa de crescimento do número de passageiros

Este apêndice mostra não só o impacto da taxa de crescimento do número de passageiros como também do  $\delta$  no valor do projecto, no  $P^*$  e no valor da opção de investimento.

$\alpha$	$\delta$	$V_1(P)$	$V_2(P)$	$P^*$	$F(P)$	$V_2(P) - V_1(P) - K$
-0,020	0,043	0,25	15,32	1,07	1,43	-9,94
-0,010	0,033	0,29	18,43	0,98	2,74	-6,86
0,000	0,023	0,32	22,35	0,90	4,86	-2,97
0,010	0,013	0,36	27,23	0,83	8,00	1,86
0,020	0,003	0,40	32,35	0,77	11,73	6,95
À medida que aumenta a taxa de crescimento do número de passageiros diminui $\delta$						

### Apêndice 6.2 – Impacto da volatilidade

Neste apêndice é apresentada o impacto da volatilidade sobre o valor do projecto, o  $P^*$  e o valor da opção de investimento.

$\sigma$	$V_1(P)$	$V_2(P)$	$P^*$	$F(P)$	$V_2(P) - V_1(P) - K$
0,100	0,48	36,16	0,54	12,92	10,69
0,200	0,38	28,75	0,77	8,79	3,36
0,300	0,29	21,85	1,11	5,36	-3,44
0,400	0,22	16,50	1,58	2,98	-8,72
0,500	0,17	12,61	2,38	1,45	-12,56

### Apêndice 6.3 – Impacto da taxa de juro isenta de risco

Este apêndice expõe o impacto da taxa de juro isenta de risco no valor do projecto, no  $P^*$  e no valor da opção de investimento.

$r$	$\mu$	$\delta$	$V_1(P)$	$V_2(P)$	$P^*$	$F(P)$	$V_2(P) - V_1(P) - K$
0,010	-0,006	-0,016	1,27	123,75	0,32	97,48	97,48
0,020	0,006	-0,004	0,63	53,77	0,54	29,61	28,14
0,030	0,017	0,007	0,42	32,85	0,73	12,01	7,43
0,040	0,029	0,019	0,32	23,14	0,92	5,43	-2,18
0,050	0,041	0,030	0,26	17,64	1,11	2,57	-7,62
À medida que aumenta a taxa de juro isenta de risco, aumenta a taxa de retorno em equilíbrio e $\delta$							

### Apêndice 6.4 – Impacto do risco do mercado

Este apêndice mostra o impacto do risco do mercado no valor do projecto, no  $P^*$  e no valor da opção de investimento.

$\beta$	$\mu$	$\delta$	$V_1(P)$	$V_2(P)$	$P^*$	$F(P)$	$V_2(P) - V_1(P) - K$
-0,300	0,013	0,003	0,401	32,547	0,770	11,881	7,146
-0,150	0,024	0,014	0,361	26,809	0,836	7,717	1,448
0,500	0,071	0,061	0,204	11,459	1,249	0,379	-13,744
1,000	0,107	0,097	0,139	7,310	1,660	0,016	-17,829
1,500	0,144	0,133	0,103	5,330	2,249	0,001	-19,773
À medida que aumenta o risco do mercado aumenta a taxa de retorno em equilíbrio e $\delta$							

### Apêndice 6.5 – Impacto da taxa de retorno do mercado

Aqui é mostrada o impacto da taxa de retorno do mercado no valor do projecto, no  $P^*$  e no valor da opção de investimento.

$R_M$	$\mu$	$\delta$	$V_1(P)$	$V_2(P)$	$P^*$	$F(P)$	$V_2(P) - V_1(P) - K$
0,025	0,037	0,026	0,31	21,09	0,93	4,13	-4,22
0,050	0,033	0,022	0,33	22,81	0,90	5,13	-2,52
0,100	0,025	0,014	0,36	26,62	0,84	7,59	1,26
0,150	0,016	0,006	0,39	30,82	0,79	10,58	5,43
À medida que a rendibilidade do mercado cresce, a taxa de retorno em equilíbrio e $\delta$ decrescem							

### Apêndice 6.6 – Impacto da receita líquida actual por passageiro

Este apêndice exhibe o impacto da receita líquida actual por passageiro no valor do projecto, no  $P^*$  e no valor da opção de investimento.

$R_1$	$V_1(P)$	$V_2(P)$	$P^*$	$F(P)$	$V_2(P) - V_1(P) - K$
0,00	0,00	27,23	0,82	8,17	2,23
1,00	9,30	27,23	1,21	5,32	-7,08
2,00	18,60	27,23	1,66	4,96	-16,38
3,00	27,90	27,23	2,63	7,99	-25,68
4,00	37,21	27,23	10,13	20,53	-34,98

### Apêndice 6.7 – Impacto da receita líquida esperada por passageiro

Este apêndice exhibe o impacto da receita líquida esperada por passageiro no valor do projecto, no  $P^*$  e no valor da opção de investimento.

$R_2$	$V_1(P)$	$V_2(P)$	$P^*$	$F(P)$	$V_2(P) - V_1(P) - K$
1,00	0,36	13,61	1,69	1,24	-11,75
2,00	0,36	27,23	0,83	8,00	1,86
3,00	0,36	40,84	0,55	17,66	15,47
4,00	0,36	54,45	0,41	29,39	29,09
5,00	0,36	68,06	0,33	42,70	42,70

## Apêndice 6.8 – Impacto do custo do investimento

Por fim, este apêndice dedica-se à apresentação do impacto do custo do investimento no valor do projecto, no  $P^*$  e no valor da opção de investimento de expansão.

$K$	$V_1(P)$	$V_2(P)$	$P^*$	$F(P)$	$V_2(P) - V_1(P) - K$
10,00	0,36	27,23	0,33	16,86	16,86
15,00	0,36	27,23	0,50	12,71	11,86
20,00	0,36	27,23	0,67	9,98	6,86
25,00	0,36	27,23	0,83	8,00	1,86
30,00	0,36	27,23	0,99	6,46	-3,14

## Capítulo 7

### Conclusões e sugestões para trabalhos futuros

#### 7.1 Conclusões

Embora a avaliação de projectos de investimento através da metodologia de opções reais permita às organizações alterarem as suas estratégias de tomada de decisões, é necessário que essa mudança seja feita de forma consciente e cuidada, pois só assim será possível melhorar o desempenho de cada empresa. É neste contexto, e com esse objectivo que as metodologias de opções reais devem ser utilizadas. Ou seja, como uma forma de avaliar as opções reais associadas a um determinado projecto de investimento sem correr o risco de os ignorar aquando da avaliação do projecto e, consequentemente, tomada de decisão.

Nesta dissertação, admitimos que a opção de investimento em causa é semelhante a uma opção de compra perpétua sob um activo que paga dividendos, cuja única fonte de incerteza, o número de passageiros, segue um movimento geométrico Browniano.

Os resultados obtidos neste trabalho, para o caso base, permitem concluir que a opção de expansão acrescenta cerca de €8 milhões para a empresa gestora dos aeroportos de Cabo Verde. O número de passageiros para o qual é óptimo realizar o investimento é de 0,83 milhões. Como, no ano de 2007 passaram cerca de 0,36 milhões de passageiros pelo Aeroporto Internacional da Praia significa que o investimento deve ser adiado até que seja óptimo realizá-lo. No entanto, a atribuição de incentivos (e.g., subsídio em termos de receita por passageiro e subsídio ao investimento) é necessária de modo a tornar o investimento imediato óptimo. Importa referir que, estas conclusões não reflectem exactamente a situação do Aeroporto Internacional da Praia devido, principalmente, à limitação dos dados. Contudo, um horizonte temporal mais alargado, na estimativa da variação do número de passageiros e do risco do mercado, e um modelo mais completo seria recomendado.

A análise de sensibilidade sugere que o valor do projecto, líquido do custo do investimento, decresce com um aumento da volatilidade, da taxa de juro isenta de risco, do risco do mercado, da receita líquida actual por passageiro e do custo do investimento. A procura crítica para o investimento, por sua vez, aumenta com o aumento destes parâmetros. Ficou, ainda, evidenciado que um aumento da taxa de crescimento do número de passageiros, da taxa de juro isenta de risco, do risco do mercado e do custo do investimento tem um impacto negativo no valor da opção.

Para concluir, importa referir que algumas das dificuldades da utilização da metodologia de opções reais, na avaliação de projectos de investimento, ficaram bem evidenciadas ao longo deste trabalho. Prendem-se, principalmente, com a complexidade do modelo que dificulta a sua utilização na avaliação de projectos de investimento concretos. Em todo o caso, e apesar dessas dificuldades, parece evidente que a metodologia de opções reais pode desempenhar um papel fundamental na melhoria do desempenho das empresas.

## **7.2 Sugestões para trabalhos futuros**

Este trabalho deixou bem notório que as opções reais presentes em projectos de investimento têm valor e contribuem para a melhoria na tomada de decisão não só quanto ao valor do investimento como ao momento óptimo para realizá-lo. Naturalmente, esse contributo pode ser ainda mais efectivo se estas forem suportadas por modelos que reflectem rigorosamente a realidade. Assim sendo, será conveniente que algumas linhas de trabalhos futuros possam:

- Replicar o modelo utilizado neste estudo a outros ramos de actividade da economia cabo-verdiana, e não só, tais como portos, hospitais, escolas e outras áreas fundamentais para uma melhor condição de vida;
- Estender a análise de forma a considerar que o investimento seja realizado com base em incentivos, proporcionados quer por privados quer pelo Governo;
- Expandir o modelo de modo que seja possível trabalhar com outros processos estocásticos em vez do movimento geométrico Browniano e;



- Considerar um modelo mais completo, com várias fontes de incerteza e que expliquem a geração dos fluxos de caixa.

Embora esta dissertação se tenha concentrado apenas na opção de expansão de capacidade de aeroportos, abre-se uma outra perspectiva que nos propomos explorar no futuro, e que se relaciona com a agregação de vários aeroportos, que se encontram sob a gestão de uma única entidade, e análise de outras opções reais.

## Bibliografia

ACP (2007), *Avaliação Económica do Mérito Relativo à Opção “Portela + 1”, Estudo do Impacte da localização de um novo aeroporto na região de Lisboa*, In: <http://www.porto.taf.net/docs/ACP-estudo.pdf>.

AMRAM, Martha e KULATILAKA, Nalin (1999) *Real options: Managing Strategic Investment in an uncertain World*, Harvard Business School Press, Boston.

ANDERSON, David e SWEENEY, Dennis e WILLIAMS, Thomas (1991) *An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making*, Sixth Edition, West Publishing Company.

ARMADA, Manuel e PEREIRA, Paulo e RODRIGUES, Artur (2008) “Optimal incentives to early exercise of public-private partnership investments under constrained growth”, NEGE, School of Economics and Management, University of Minho.

ASA (2006) *Relatório e Contas*.

BCA (2009) Mapa de Cabo Verde, In <http://www.bca.cv/>, acedido em 5 de Maio de 2009.

BCV (2009) Taxas de Juro de Referência, In: <http://www.bcv.cv/>, acedido em 15 de Junho de 2009.

BRENNAN, Michael e SCHWARTZ, Eduardo (1985) “Evaluating Natural Resource Investments”, *Journal of Business*, vol. 58 (2); pp. 135 - 157.

Centro de Estatística Aeroportuária da ASA (2009) Estatística do Tráfego: Evolução de Tráfego nos Aeroportos e Aeródromos 2006 / 2007.

COPELAND, Tom e ANTIKAROV, Vladimir (2003) *Real Options: a practitioner's guide*, New York, Cengage Learning.

DE NEUFVILLE, Rechar (2008) “Low-Cost Airports for Low-Cost Airlines: Flexible Design to Manage the Risks”, *Transportation Planning and Technology*, vol. 31(1); pp. 35 - 68.

DIXIT, Avinash e PINDYCK, Robert (1994) *Investment Under Uncertainty*, Princeton University Press, New Jersey.

GIL, Nuno (2007) “On the value of project safeguards: Embedding real options in complex products and systems”, *Research Policy*, vol. 36(7); pp. 980 - 999.

<http://www.asa.cv/>, visitado várias vezes entre Fevereiro e Novembro de 2009.

<http://www.mscibarra.com/> visitado em 20 de Junho de 2009.

HYLLEBERG, Svend (1992) *Modelling Seasonality: Advanced Texts in Econometrics*, Oxford University Press, New York.

IATA, (2002). *NAP Praia Airport Cape Verde: Appendix – 6 Transportation Centre Development*.

INE (2008) Passageiros desembarcados (N.º) nos aeroportos nacionais por Localização geográfica, Tipo de tráfego e Natureza do tráfego; Mensal, In: <http://www.ine.pt>, acedido em 4 de Novembro de 2009.

INE (2008) Passageiros em trânsito directo (N.º) nos aeroportos nacionais por Localização geográfica, Tipo de tráfego e Natureza do tráfego; Mensal, In: <http://www.ine.pt>, acedido em 4 de Novembro de 2009.

INE (2008) Passageiros embarcados (N.º) nos aeroportos nacionais por Localização geográfica, Tipo de tráfego e Natureza do tráfego; Mensal, In: <http://www.ine.pt>, acedido em 4 de Novembro de 2009.

MARATHE, Rahul e RYAN, Sarah (2005) “On the validity of the geometric Brownian Motion Assumption”, *The Engineering Economist*, vol. 50 (2); pp. 159 - 192.

MARATHE, Rahul e RYAN, Sarah (2009) “Capacity Expansion Under a Service-level Constraint for Uncertain Demand with Lead Times” *Naval Research Logistics*, vol. 56 (3); pp. 250 – 263.

MCDONALD, Robert e SIEGEL, Daniel (1985) “Investment and the Valuation of Firms When There is an Option to Shut Down” *International Economic Review*, vol. 26(2); pp. 331 - 349.

MCDONALD, Robert e SIEGEL, Daniel (1986) “The Value of Waiting to Invest” *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 101(4); pp. 707 - 728.

MYERS, Stewart e MAJD, Saman (1990) “Abandonment Value and Project Life” *Advances in Futures and Options Research*, vol. 4(1); pp. 1 - 21.

PEREIRA, Paulo e RODRIGUES, Artur e ARMADA, Manuel (2007) “The Optimal Timing for the Construction of an Airport”, *Social Science Research Network*.

PINDYCK, Robert (1988) “Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm” *The American Economic Review*, vol. 78(5); pp. 969 - 985

RODRIGUES, Artur (2009) “Market segmentation under uncertainty”, NEGE, School of Economics and Management, University of Minho.

SMIT, Han (2003) “Infrastructure Investment as a Real Options Game: The Case of European Airport Expansion”, *Financial Management*, vol. 32(4); pp. 5 - 35.

TRIGEORGIS, Lenos (1996) *Real options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

TRIGEORGIS, Lenos e MASON, Scott (1987) “Valuing Managerial Flexibility” *Midland Corporate Finance Journal*, vol. 5(1); pp. 14 – 21.

